



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS BIOMECÁNICO PARA EL
MEJORAMIENTO FÍSICO DE UN BOXEADOR**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A N

Ramírez Valadez Edgar Eduardo

Vieyra Díaz José Leobardo

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Lázaro Morales Acosta



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el mejoramiento del rendimiento de los deportistas, se ha visto influenciado por múltiples factores, entre los que se encuentran: la genética, la calidad de vida, la alimentación, los controles fisiológicos, los estados psicológicos etc., sin embargo el motivo más importante es, sin duda, el perfeccionamiento de los movimientos técnicos durante los entrenamientos, como resultado de numerosos estudios, a partir de las diferentes ciencias que inciden en él, así como el uso de equipamientos de medición cada vez más modernos.

Los estudios de biomecánica contribuyen a entender el gesto motor en una forma objetiva y posteriormente al mejoramiento de los movimientos con base en las técnicas deportivas. En los deportes de contacto, la técnica deportiva debe ayudar al atleta a solucionar una serie de tareas complicadas como aumentar la efectividad utilizando al máximo sus fuerzas o mejorar la rapidez y exactitud de los movimientos bajo las condiciones cambiantes de competencias deportivas.

El Boxeo pertenece al grupo de deportes que se caracterizan por un cambio rápido de las condiciones competitivas y por una gran variabilidad de las acciones del deportista en el proceso de la competencia. En nuestros días se requiere de atletas con buenos sistemas ofensivos, que garanticen una ejecución correcta de los golpes, para lograr una buena efectividad.

Con el objetivo de ir disminuyendo improvisaciones durante el enfrentamiento, que puedan amenazar el desarrollo armónico de los boxeadores, es imprescindible formar atletas con un elevado dominio técnico, teniendo en cuenta el papel fundamental que tiene un atleta durante el combate, que es el de conseguir el punto sobre el contrario; para ello, la técnica del movimiento se pone en función de su aplicación táctica.

Para el Boxeo se necesitan atletas de buen somatotipo (hace referencia a las formas corporales de una persona), cualidades físicas, pensamiento táctico, etc., pero rige como patrón elemental el nivel técnico del atleta, sin esto, en el dominio de los movimientos técnicos es imposible que se impongan otras cualidades, por tanto, el problema de la preparación técnica del Boxeo, seguirá siendo un aspecto dinámico en el proceso de enseñanza y que debe responder a las necesidades del atleta en función de lograr altos rendimientos deportivos a través de objetivos generales y parciales, que permitan llevar la enseñanza a suplir las insuficiencias y no a cumplir metas o parámetros.

Lograr un nivel técnico con calidad no es cuestión de momentos, esto lleva paciencia y tiempo, por tanto, cuándo empezar y cómo lograrlo es un problema cotidiano y la forma de resolverlo está en la dedicación de los entrenadores.

Los patrones técnicos ofensivos no son difíciles de dominar, un atleta que domine acertadamente los elementos técnicos será capaz de emplearlo en las diversas situaciones tácticas que se presenten en el combate, obteniendo así resultados relevantes en una competencia.

La filmación se ha convertido en un método eficaz para el estudio de los movimientos deportivos y junto con técnicas cinemáticas se pueden describir al gesto deportivo para dar a conocer parámetros de velocidad y fuerza de golpeo de los boxeadores, dando a conocer las áreas de oportunidad que puedan estar mermando su rendimiento y de esta manera poder atacar los puntos clave para la mejora de la técnica, logrando así una mayor eficiencia y destreza a la hora de un combate.

En este trabajo se muestran las curvas representativas para los golpes ganchos y rectos de cinco peleadores, con la finalidad de visualizar el comportamiento del gesto deportivo y cuál es la relación que tiene la variación de ángulos respecto a la fuerza de golpeo.

Capítulo 1 Antecedentes: En este capítulo se presenta una reseña histórica del boxeo, desde sus inicios hasta la actualidad, así como también las modificaciones que ha sufrido este deporte a lo largo del tiempo.

Capítulo 2 Planteamiento de la necesidad: Se define el concepto de biomecánica y su contribución dentro de los deportes. Así como también la descripción de la técnica deportiva, búsqueda de las técnicas más eficaces, ayuda a la planificación del entrenamiento, desarrollo de nuevos materiales, diseño de nuevos aparatos y útiles deportivos, desarrollo de métodos de medida y registro.

Capítulo 3 Diseño según la metodología IDEFO: En este capítulo se presenta el paso a paso del proceso llevado a cabo para la realización de las pruebas, tomando en cuenta las reglas de la metodología IDEFO.

Capítulo 4 Diseño e implementación: En este capítulo se desarrollan los puntos tomados en cuenta para la elección, instrumentación e implementación del aparato utilizado para las pruebas desarrolladas; así mismo de los parámetros matemáticos y deportivos que están involucrados durante el movimiento del atleta, mismos que servirán para obtener y analizar todos los parámetros de referencia necesarios en las técnicas de boxeo con la finalidad de establecer un programa de entrenamiento el cual maximice el rendimiento físico del boxeador con ayuda del aparato instrumentado.

Capítulo 5 resultados: En este apartado se muestra cual es el comportamiento de la cinemática de los golpes realizados durante las pruebas, así como los valores de fuerza de golpeo alcanzados por cada uno de los participantes.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Establecer un sistema que genere información para analizar la técnica de ejecución del golpeo en boxeadores amateur, así como cuantificar la potencia de impacto.

Objetivos específicos:

- Selección de sensores capaces de medir fuerza generada durante el golpe.
- Instrumentar un sistema de medición de fuerzas.
- Implementar un conjunto de normas para la discretización de un análisis biomecánico de la técnica de un boxeador.
- Generar una herramienta gráfica que facilite la evaluación del rendimiento físico.

Contenido

INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	4
Objetivo general:.....	4
Objetivos específicos:.....	4
Capítulo 1 Antecedentes	6
1.1 Contexto histórico.....	6
1.2 Categorías y divisiones.....	7
1.3 Reglamentos y asociaciones.....	11
1.4 Equipo de protección.....	13
Capítulo 2 Planteamiento de la necesidad	18
2.1 Relación entre biomecánica y deporte.....	18
2.2 Metodología biomecánica para el análisis e intervención de la técnica deportiva.....	19
2.4 ¿Por qué es necesario realizar un estudio biomecánico más profundo de un boxeador?	22
2.5 Perspectiva biomecánica en el boxeo.....	24
Posición angular, θ	30
Capítulo 3. Diseño a partir de normas, IDEF0.....	33
3.1 Análisis biomecánico de un boxeador A0	34
3.2 Videgrabación A1	34
3.3 Editar video A2	34
3.4 Obtener datos A3	35
3.5 Analizar resultados A4	35
Capítulo 4. Diseño e implementación:	42
4.1 Diseño conceptual.....	42
4.2 Variables del producto.....	45
4.3 Diseño de realización.....	45
4.4 instrumentación del equipo.....	46
4.4 Programa de actividades	46
Capítulo 5. Resultados.....	49
5.1 Resultados de ganchos	50
5.2 Resultados de golpes rectos	66
Conclusiones.....	83
BIBLIOGRAFÍA	84

Capítulo 1 Antecedentes

1.1 Contexto histórico.

El origen del boxeo es incierto, existen fuentes donde se menciona que sus orígenes datan del periodo comprendido entre los años 6000-4000 a.C. en el norte de África, en la actual zona de Etiopía [1] y otras referencias indican que los primeros indicios de boxeo provienen de la mitología griega con su aparición como deporte olímpico en el año 688 a.C. [2]. Por esta razón, es complicado dar lugar y fecha exacta del origen del boxeo lo que sí se puede asegurar es que no siempre fue como se conoce en la actualidad, un deporte donde el objetivo primordial es ganar sin dejar al oponente “inservible”. En sus inicios, el boxeo era un acto de brutalidad ya que se peleaba a muerte, no existía ningún tipo de protección, ni un ring como ahora se conoce, ni un réferi, solo había un par de personas, divirtiendo a una multitud, esto es algo en lo que todas las fuentes de información coinciden, un boxeador era aquel hombre que era capaz de matar a su oponente a golpes, ya que era totalmente válido golpear con los pies y era permitido aplicar llaves de lucha, prácticamente todo era permitido.

En algunas partes del mundo el boxeo fue prohibido ya que era un acto donde alguno de los dos contendientes tenía que morir.

En el afán de seguir practicando el boxeo muchas personas siguieron realizando funciones clandestinas, siguiendo la misma línea que hasta entonces estaba marcada, la muerte de alguno de los dos contendientes. Otros en cambio buscaron, la protección de los peleadores y de esta manera se registraron los primeros indicios del boxeo como deporte, lo primero que se hizo fue la implementación de lo que hoy en día conocemos como guantes, estos consistían en una especie de protección realizada con vendajes de cuero, de esta manera el oponente no resultaría tan lastimado.

Pero fue hasta el siglo XVII que el boxeo fue considerado un deporte como tal, en esta época el rey de Inglaterra Guillermo III permitió la práctica de la pelea a puño limpio (prizefighting), el objetivo era ganar la contienda para hacerse acreedor a un premio. En el año de 1719 se registró la primera pelea de campeonato donde el ganador fue James Figg.

Para el año de 1741 en Inglaterra Jack Broughton venció en un combate de 35 minutos a George Stevenson quedando este gravemente herido y posteriormente perdiendo la vida, después de este acontecimiento Jack Broughton le dio al boxeo un enfoque técnico y metódico para evitar que los pugilistas sufrieran daños irreversibles, gracias a estas primeras reglas se convirtió en “el padre del boxeo inglés”.

Estas primeras reglas fueron:

- 1.- Retirarse a su propio lado del ring ante una caída del oponente.
- 2.- La cuenta de medio minuto luego de una caída para ubicarse en el centro del ring y recomenzar el combate o ser considerado “hombre vencido”.
- 3.- Solo los púgiles y su segundo podían subir al ring.
- 4.- La prohibición de arreglos privados entre los púgiles para el reparto del dinero.
- 5.- La elección de jueces para resolver disputas entre los boxeadores.
- 6.- La prohibición de golpear al adversario cuando se encuentre caído.
- 7.- La admisión de las llaves por encima de la cintura.

A finales del siglo XIX el boxeo se expandió al continente americano y así mismo a países hispano hablantes, fue en esas fechas que las reglas implementadas por Jack Broughton pasaron a ser obsoletas por el entonces nuevo reglamento de London Prize Ring [2].

Entre las aportaciones importantes que el reglamento de London Prize Ring hizo al pugilismo está el dimensionamiento de un ring de combate (7.3 m por lado) la cuenta de protección de 30 segundos cada que uno de los boxeadores caía a la lona y una de las que más cambiaron la manera de combatir fue la prohibición de cabezazos, de mordidas y golpes abajo del cinturón para esto ya existía un uniforme para el boxeador el cual consiste en un short, botines de boxeo y guantes [3].

Para el año de 1867 fueron publicadas las reglas del Marqués de Queens Berry, aportando la división de pesos en ligero, medio y pesado. En esta época el boxeo se extendió al continente americano, primero en Estados Unidos y posteriormente a países hispano hablantes, ya en tierras occidentales las funciones de boxeo se realizaban en las instalaciones del Nacional Sporting Club que fue fundado en el año de 1891 y quien agregara nueve reglas a las doce ya existentes en el reglamento del Marqués [3].

1.2 Categorías y divisiones

En la actualidad se siguen utilizando prácticamente las mismas reglas del Marqués, pero con algunas adecuaciones, una de las más representativas y que resguardan la integridad física del boxeador son las divisiones de peso por categoría.

Para comprender este apartado primero se tiene que definir la diferencia entre categoría y división.

Categoría: en el boxeo actual existen las categorías de profesional y amateur, dentro del deporte profesional encontramos las subcategorías de femenil y varonil, quedando de la siguiente manera: profesional femenil y profesional varonil. En el boxeo amateur existen las subcategorías por edades, por sexo (femenil y varonil) y por tiempo de practica (principiante intermedio y avanzado).

Divisiones: hacen referencia a la separación por peso del peleador, estas varían según la organización que sancione la pelea. Las diferentes asociaciones tienen diferencias en los nombres de las divisiones así como de los rangos de peso de las mismas.

Para que se lleve a cabo un torneo de box, es necesario que los peleadores sean clasificados en categoría y división correspondiente, es decir, no se debe enfrentar un niño de 8 años y menos de 45 kg / 99.21 lb de peso con uno de 11 años y 50 kg / 110.23 lb de peso, por seguridad del peleador, así mismo no puede pelear un joven de 15 años con 55 kg/ 121.25 lb de peso con 3 años de práctica con un de 25 años de 55 kg / 121.25 lb de peso y 3 meses de práctica. Es muy importante que se respeten estos parámetros.

En la categoría amateur varonil la Asociación Internacional Amateur de Boxeo solo sanciona 10 divisiones de peso, tabla 1.1, de la misma forma en la categoría femenil se sancionan 10 categorías variando solo el nombre de las divisiones, tabla 1.2.

DIVISIÓN	PESO EN Kg / lb.
Peso mosca	Hasta 48/ 105.82
Peso gallo	Desde 48.1/ 106.04 hasta 51 / 112.44
Peso pluma	Desde 51.1 / 112.66 hasta 54 / 119.05
Peso ligero	Desde 54.1/ 119.27 hasta 60 / 132.28
Peso súper ligero o welter junior	Desde 60.1/ 132.50 hasta 64 / 141.10
Peso welter	Desde 64.1 / 141.32 hasta 69 / 152.12
Peso mediano o medio	Desde 69.1/ 152.34 hasta 75 / 165.35
Peso medio pesado o semipesado	Desde 75.1/ 165.57 hasta 81 / 178.57
Peso pesado	Desde 81.1/ 178.79 hasta 91 / 200.62
Peso superpesado	Desde 91.1 / 200.84 en adelante

Tabla 1.1 divisiones que sanciona la Asociación Internacional Amateur de Boxeo varonil.

DIVISIÓN	PESO EN Kg / lb.
Peso mosca	Desde 45 / 99.21 hasta 48 / 105.82
Peso gallo	Desde 48.1 / 106.04 hasta 51 / 112.44
Peso pluma	Desde 51.1 / 112.66 hasta 54 / 119.05
Peso ligero	Desde 54.1 / 119.27 hasta 57 / 125.66
Peso welter ligero	Desde 57.1 / 125.88 hasta 60 / 132.28
Peso welter	Desde 60.1 / 132.50 hasta 64 / 141.10
Peso mediano	Desde 64.1 / 141.32 hasta 69 / 152.12
Peso semicompleto	Desde 69.1 / 152.34 hasta 75 / 165.35
Peso completo	Desde 75.1 hasta 81 / 165.57 hasta 178.57
Peso Supercompleto	Más de 81.1 / 178.79

Tabla 1.2 divisiones que sanciona la Asociación Internacional Amateur de Boxeo femenino.

Actualmente existen 17 divisiones en el boxeo profesional varonil, que van desde el peso paja hasta el peso completo, el primero con un máximo de 47.627 kg/105 lb siendo esta la de los boxeadores más ligeros y la de peleadores más grandes partiendo de un mínimo de 90.719 kg/ 200 lb., tabla 1.1.

Originalmente eran ocho divisiones: mosca, gallo, pluma, ligero, welter, mediano, Semicompleto y completo. Pero con el paso del tiempo, expansión y actualización del deporte arrojaron un número cada vez mayor de divisiones reconocidas a nivel internacional.

El Consejo Mundial de Boxeo (CMB) y la Asociación Mundial de Boxeo (AMB) prefieren nombrar minimosca, supermosca, supergallo, superpluma, superligero, y superwelter, mientras que la Organización Mundial de Boxeo y la Federación Internacional de Boxeo (FIB) se refieren a dichas divisiones como mosca Jr., gallo Jr., pluma Jr., ligero Jr., welter Jr. y mediano Jr. respectivamente; además, lo que para él (CMB) es peso paja la (AMB) es peso mínimo y para la (OMB) y (FIB) es minimosca. La (OMB) llama peso completo jr. Lo que en los demás organismos es peso crucero, tabla 1.3.

Capítulo 1 Antecedentes

	WBC	AMB		OMB	FIB
	F	F	V	F	F
Semimosca	(0 a 47.627)	NA	NA	(0 a 47.627)	(0 a 47.627)
Minimosca	(47.628 a 48.988)	NA	NA	(47.628 a 48.988)	(47.628 a 48.988)
Mosca	(48.989 a 50.802)	NA	(46 a 49)	(48.989 a 50.802)	(48.989 a 50.802)
Supermosca	(50.803 a 52.163)	(45 a 48)	(49.1 a 52)	(50.803 a 52.163)	(50.803 a 52.163)
Gallo	(52.163 a 53.525)	(48.1 a 51)	(52.1 a 56)	(52.163 a 53.525)	(52.163 a 53.525)
Supergallo	(53.526 a 55.525)	NA	NA	(53.526 a 55.525)	(53.526 a 55.525)
Pluma	(55.526 a 57.153)	(51.1 a 54)	NA	(55.526 a 57.153)	(55.526 a 57.153)
Superpluma	(57.154 a 58.697)	NA	NA	(57.154 a 58.697)	(57.154 a 58.697)
Ligero	(58.698 a 61.235)	(54.1 a 57)	(56.1 a 60)	(58.698 a 61.235)	(58.698 a 61.235)
Superligero	(61.236 a 63.235)	NA	(60.1 a 64)	(61.236 a 63.235)	(61.236 a 63.235)
Welter	(63.235 a 66.678)	(57.1 a 60)	(64.1 a 69)	(63.235 a 66.678)	(63.235 a 66.678)
Superwelter	(66.679 a 69.853)	(60.1 a 64)	NA	(66.679 a 69.853)	(66.679 a 69.853)
Medio	(69.853 a 72.574)	(64.1 a 69)	(69.1 a 75)	(69.853 a 72.574)	(69.853 a 72.574)
Supermedio	(72.575 a 76.203)	NA	NA	(72.575 a 76.203)	(72.575 a 76.203)
Semicompleto	(76.204 a 79.378)	(69.1 a 75)	(75.1 a 81)	(76.204 a 79.378)	(76.204 a 79.378)
Crucero	(79.379 a 90.892)	NA	NA	(79.379 a 90.892)	(79.379 a 90.892)
Completo	Más de 90.893	(75.1 a 81)	(81.1 a 91)	Más de 90.893	Más de 90.893
Supercompleto	No aplica	Más de 81.1	91.1+	No aplica	No aplica

Nota: (límite inferior a límite superior) en kilogramos.

Tabla 1.3 comparativa de divisiones entre las cuatro organizaciones.

1.3 Reglamentos y asociaciones

1.3.1. Consejo Mundial de Boxeo (CMB)

El (CMB) es un organismo que busca posicionar al boxeo como el deporte número uno, así como también proteger al púgil en todos los aspectos posibles, es por esa razón que desde hace 48 años el Consejo Mundial de Boxeo organiza su convención anual, donde se reúnen boxeadores, réferis, promotores, jueces y representantes de todos los organismos afiliados, para discutir los puntos importantes y dar soluciones a problemáticas existentes dentro del deporte.

Fue creado el 14 de febrero de 1963 por el entonces presidente de México, Adolfo López Mateos, con el propósito de crear una organización que unificara a todas las comisiones de boxeo del mundo y de esta manera controlar el crecimiento del deporte. El Consejo Mundial de Boxeo inicialmente creado por 11 países: Estados Unidos, Argentina, Inglaterra, Francia, México, Filipinas, Panamá, Chile, Perú, Venezuela y Brasil, actualmente cuenta con 164 países afiliados. Sus principales fundadores fueron los mexicanos Luis Spota y el Profesor Ramón G. Velázquez, quienes fueron presidentes del Consejo Mundial de Boxeo, así como el Ingles Onslow Fane y el filipino Justiniano Montaña [4].

Hasta el momento han sido seis presidentes del Consejo Mundial de Boxeo, pero solo un hombre fungió como líder absoluto por más de tres décadas, el Dr. José Sulaimán Changon (1931-2014), permaneció en la presidencia del 5 de septiembre de 1975 hasta enero del 2014 [4].

A partir de la llegada de José Sulaimán a la Presidencia, el CMB evolucionó y transformó la forma en que actualmente se ve a este deporte; para el organismo lo más importante es la seguridad, la salud y el respeto al boxeador.

Las primeras reglas (CMB) que revolucionaron el boxeo

- 1.- La reducción de la duración de las peleas titulares de 15 a 12 rounds.
- 2.- El pesaje oficial obligatorio 24 horas antes de las peleas.
- 3.- La creación de divisiones intermedias.
- 4.- El ring de cuatro cuerdas.
- 5.- El guante con pulgar adherido.
- 6.- Los exámenes antidopaje después de cada pelea sancionada por el (CMB).
- 7.- Donativos a la UCLA para investigación científica.
- 8.- Exámenes médicos anuales para campeones y boxeadores clasificados.

9.- Seguros de vida y hospitalización para todos aquellos púgiles que participen en peleas titulares.

10.- Pensiones de apoyo económico para boxeadores que lo necesiten en todo el mundo.

11.- La lucha contra el “apartheid” en el boxeo sudafricano.

Como muestra del trabajo que se ha venido haciendo a través de los años CMB se pueden mencionar los siguientes puntos aprobados en la convención 48 (noviembre del 2010) [4].

- El uso de oxígeno durante las peleas. En el minuto de descanso, los boxeadores van a tener acceso a oxígeno.
- El uso de una nueva certificación de guantes a partir del 2012, para asegurarse que estos sean conforme a los parámetros de seguridad para los boxeadores.
- El uso de un protocolo por escrito de todo lo relacionado a la técnica de vendaje, que se permite y que no se permite, para que sea uniforme en todo el mundo.
- Los réferis tienen la autoridad necesaria para detener el combate cuando uno de los contendientes este en malas condiciones, y no tenga el mínimo de oportunidades de salir victorioso.

Después de la muerte de José Sulaimán la presidencia fue tomada por su hijo Mauricio Sulaimán Saldívar, quien fue electo por decisión unánime, por la junta de gobierno como nuevo presidente del Consejo Mundial de Boxeo, en sustitución de su padre. La decisión que fue apoyada por cada una de las 10 confederaciones que forman el CMB, además del voto a favor de los seis vicepresidentes [4].

1.3.2 Asociación Mundial de Boxeo (AMB)

La (AMB) es el organismo más viejo de los cuatro grandes en el boxeo profesional varonil, habiendo sido originalmente una asociación de Estados Unidos llamada Asociación Nacional de Boxeo (NBA, por sus siglas en inglés), fundada en 1921. En 1962, ante el crecimiento del deporte a escala mundial, la NBA se convirtió en la (AMB) teniendo sus oficinas en el estado de Florida (actualmente tiene oficinas centrales en Panamá y Venezuela). Cabe mencionar que antes de la AMB, muchos de los considerados campeonatos mundiales fueron sancionados por la influyente Comisión Atlética del Estado de Nueva York [5].

1.3.3 Federación Internacional de Boxeo (FIB)

La idea de formar el United States Boxing Association (USBA) se materializó en septiembre de 1976 cuando los organizadores decidieron que era tiempo de formar una organización basada en el compromiso y el boxeo legítimo. Veinticuatro organizaciones de diferentes estados se juntaron en abril de 1977, para considerar la estructura de la organización. La primera convención anual fue en diciembre de 1977, para decidir los reglamentos de la (USBA)

En abril de 1893 los miembros de (USBA) deciden ampliar la organización en la convención anual de Atlantic City, New Jersey [5].

En 1984 cambió el nombre de USBA a FIB (Federación Internacional de Boxeo).

1.4 Equipo de protección.

El boxeo amateur es un deporte que no puede ser practicado sin una protección adecuada, recordemos que en esta disciplina el único medio para ganar un combate son los golpes, debido a la fuerza que implican estos se requiere de un equipo de protección especial con la finalidad de evitar en lo posible cualquier daño irreversible.

Cabe mencionar que el equipo de protección dependerá del tipo de pelea que se tenga, es decir, profesional o amateur, la única diferencia que existe es que en el boxeo amateur los peleadores utilizan una careta para protección de la cabeza, mientras que el boxeo profesional se suprime el uso de esta[6].

El equipo de protección consta de los siguientes elementos:

1.- Vendas.



2.- Guantes.



3.- Careta.



4.- Protector de genitales o suspensorio.



5.- Protector bucal.



1.4.1 Vendaje

El vendaje es fundamental para el boxeador tanto para entrenamientos como para peleas. Tiene como finalidad proteger los ligamentos de los dedos y de la muñeca ante los choques de baja frecuencia cuando se conecta el golpe.

Un buen vendaje consta de dos partes:

1.-Vendas

2.- Esparadrapo o tela adhesiva

La venda sirve para absorber las bajas frecuencias mediante la tensión que se genera al apretar la mano, al mismo tiempo que evita la acumulación de calor por efecto del rozamiento; también ayuda a que no exista espacio muerto entre los dedos y de esta forma disminuir el riesgo de luxación en los nudillos. La función del esparadrapo es mantener los ligamentos de los metatarsianos juntos cuando cerramos el puño fortaleciendo todos los nudillos a la vez.

Los peleadores que carecen de un buen vendaje están propensos a sufrir múltiples lesiones en las manos, esto se debe a que las vibraciones del golpe se transmiten de los nudillos hacia la muñeca. Muchos púgiles han terminado sus carreras por lesiones de manos, casos como el de Carlos Hernández, Jeff Fenech, Berdonce, lo atestiguan.

Las vendas están fabricadas en algodón ya que este material permite un soporte firme sin ser incómodo para el peleador.

1.4.2 Guantes

La principal función del guante es proteger la mano del púgil, ya que para eso fue diseñado, con el tiempo se le han hecho innumerables modificaciones para aumentar la seguridad de los peleadores. El uso de los guantes modernos da como resultado menos heridas faciales pero mayor daño al cerebro de los púgiles, mientras que también se ha comprobado que reducen en un 70% la fuerza de los puñetazos.

Existen diferentes tipos de guantes:

- 1.- Para velocidad.
- 2.- Para costal de golpeo.
- 3.- Para sparring.

En el caso de los boxeadores amateur se utilizan guantes con una sección de color blanca la cual se denomina “zona de puntuación”, recordemos que en el boxeo amateur se califica tomando en cuenta el número de golpes efectivo.

Los guantes se dividen según su peso, variando desde las 8oz hasta las 18oz con aumentos de 2oz, el incremento de las onzas ha ido parejo a las desgracias boxísticas como la de Benny KidParett quien murió después de una pelea. Actualmente existe una clasificación y homologación.

Los guantes de boxeo son fabricados en cuero de res, con forro de nylon repelente al agua y relleno de espuma de látex. Estos materiales brindan mayor comodidad y precisión a la hora del golpeo.

1.4.3 Careta

Su función principal es proteger la zona de ojos-nariz-boca, así como también aminorar las lesiones provocadas por cabezazos accidentales. El uso de la careta tiene sus pros y contras.

Las caretas están fabricadas en cuero de res y cojín de espuma de látex, materiales que brindan una mayor protección ante los golpes. Cuentan con ajuste anatómico en tres puntos: cierre de contacto en la nuca, correa en la barbilla y agujetas en la coronilla

1.4.3.1 Desventajas:

- 1.- Aumenta la superficie de golpeo, en boxeo milímetros es lo que separa un golpe neto de una rozadura, aumentando también el peso de la cabeza y amplifica el efecto cervical y cerebral del golpe.
- 2.- Restringe el ángulo de visión al púgil (el golpe que no ves es el que te tira), sobre todo cuando se mueve.
- 3.- Da sensación de seguridad en la media-corta, para muchos púgiles a la larga solo produce carencias en defensa.

1.4.3.2 Ventajas:

- 1.- Permite un combate más físico en media y corta, evita las magulladuras y cortes.
- 2.- Protege a su vez de dar y recibir cabezazos, evita las deformaciones en los cartílagos (orejas de coliflor), las bursitis de las cejas, aminoran el efecto de los codazos (el púgil alto mete los codos al bajo, el bajo cabeza al alto).

1.4.4 Protector de genitales

Su única función es proteger los genitales de un golpe accidental durante el combate.

Son fabricados en cuero de res y cojín de espuma látex, cuentan con cintas elásticas en piernas y cierre de contacto permitiendo libertad de movimiento a la hora de la pelea.

1.4.5 Protector bucal

Esa es una pieza de suma importancia para la protección del boxeador, ya que evita las lesiones causadas en los labios debido al choque con los dientes. Otra de las ventajas que tiene el uso de protector bucal es que al morderlo aumenta la absorción del golpe y se evita que se traslade la onda de choque al cerebro, así mismo permite una mejor respiración durante el combate y evita

la compresión vestibular se produzca, es decir evita la compresión del aire en los oídos evitando que se tapen por efecto de un golpe.

Están fabricados en hule natural virgen, material que brinda la estabilidad necesaria a la hora de recibir un impacto.

Capítulo 2 Planteamiento de la necesidad

2.1 Relación entre biomecánica y deporte.

En primera instancia se define el concepto de biomecánica y su contribución dentro de los deportes. La Biomecánica deportiva es la disciplina que aplica las leyes de la física al estudio y análisis de los movimientos del cuerpo humano así como también las fuerzas internas y externas que actúan en este, siendo el objetivo la caracterización y la mejora de las técnicas del movimiento a partir de conocimientos científicos. Los objetivos de ésta son varios, y difieren según el área de aplicación. Por lo que destacaremos los que competen al deporte[7].

- Descripción de la técnica deportiva.
- Búsqueda de las técnicas más eficaces.
- Desarrollo de métodos de medida y registro.
- Ayuda a la planificación del entrenamiento.
- Desarrollo de nuevos materiales.
- Diseño de nuevos aparatos y útiles deportivos, con los que se posibilitaran prácticas más seguras, mejores marcas, o la aparición de nuevos deportes.

Esta rama de la mecánica ha realizado múltiples contribuciones al deporte, entre las cuales es posible citar el análisis y la mejora de las técnicas de los deportes, la prevención de lesiones, la mejora del desempeño de los implementos deportivos. En lo referente a la investigación, los parámetros biomecánicos para el análisis del movimiento son la cinemática, dinamometría, electromiografía y antropometría.

La biomecánica es analizada por medio de la mecánica, la cual se divide para su estudio en dos grandes ramas, la parte que describe los movimientos es denominada cinemática. La cinemática sitúa espacialmente los cuerpos y detalla sus movimientos basándose en los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones en dichos desplazamientos. Cuando el movimiento o falta de este se relacionan con las fuerzas que lo producen se habla de dinámica, el estudio del movimiento recibe el nombre de cinética, mientras que el estudio de las fuerzas que determinan que los cuerpos se mantengan en equilibrio es llamado estática [8].

Para realizar un correcto análisis biomecánico existen métodos y técnicas que ayudan a esta tarea, las técnicas con mayor precisión se apoyan en soportes informáticos, tanto en cuestión de programas (software) como en aparatos (hardware). Las técnicas de medición cinemática se dividen en directas e indirectas, se consideran directas cuando la medición se realiza sobre el individuo, es decir, los instrumentos de medida se colocan sobre el sujeto. Se

denominan indirectas cuando las medidas pueden ser tomadas sin la necesidad de invadir al sujeto, este tipo de técnicas son las más utilizadas cuando no se quiere interferir en el movimiento del atleta ya que las otras no pueden ser utilizadas en situaciones reales de competición, figura 2.1.

Cinemáticos	Directos	<p>Acelerómetro</p> <p>Células fotoeléctricas</p>
	Indirectos	<p>Cinemetografía y video</p> <p>Fotografía</p> <p>Radiología</p> <p>Fotografía huella luminosa</p> <p>Estraboscopia</p>
Dinámicos		<p>Pataformas de fuerzas</p> <p>Plataforma de presiones</p> <p>Calibrador de sujeción</p> <p>Dinamómetro</p>
Otros		<p>E.M.G</p> <p>Ergometría</p> <p>Antropometría</p>

Figura 2.1 Métodos e instrumentos sofisticados para mediciones biomecánicas [2].

2.2 Metodología biomecánica para el análisis e intervención de la técnica deportiva.

El análisis de la técnica en biomecánica deportiva según la metodología de Acero J. [7], Figura 2.2 consta de los siguientes pasos:

- 1.- Observación directa o indirecta de los movimientos ejecutados de los deportistas.
- 2.- Comparación de sus técnicas de movimiento con las de los deportistas de mayor experiencia tomadas como el modelo a mejorar y optimizar.
- 3.- Evaluación y diagnóstico de los movimientos de los deportistas.
- 4.- Identificación de los errores técnicos y factores limitantes.
- 5.- Enseñanza al deportista de cómo modificar su técnica a través de un entrenamiento apropiado.



Figura 2.2 Técnica en Biomecánica deportiva

Han sido utilizadas tres metodologías para este análisis de la técnica deportiva: cualitativa, cuantitativa y predictiva.

La metodología cualitativa se caracteriza por la observación, la evaluación y el diagnóstico. El ciclo de optimización previamente mencionado es un ejemplo de esta. El otro acercamiento al análisis cualitativo es el modelo determinístico de rendimiento propuesto por Hay y Reid en 1982 [9] que es basado en un modelo teórico y en las relaciones del resultado y los factores limitantes, las cuales son determinadas por los análisis estadísticos. Este modelo de diagramas en bloques, figura 2.3 ha sido utilizado para identificar factores de rendimiento en varias técnicas deportivas, sin embargo las dificultades de este acercamiento es que no clarifica los patrones de movimiento deseables en las técnicas deportivas además de que es muy difícil aplicar este método a los deportes de contacto.

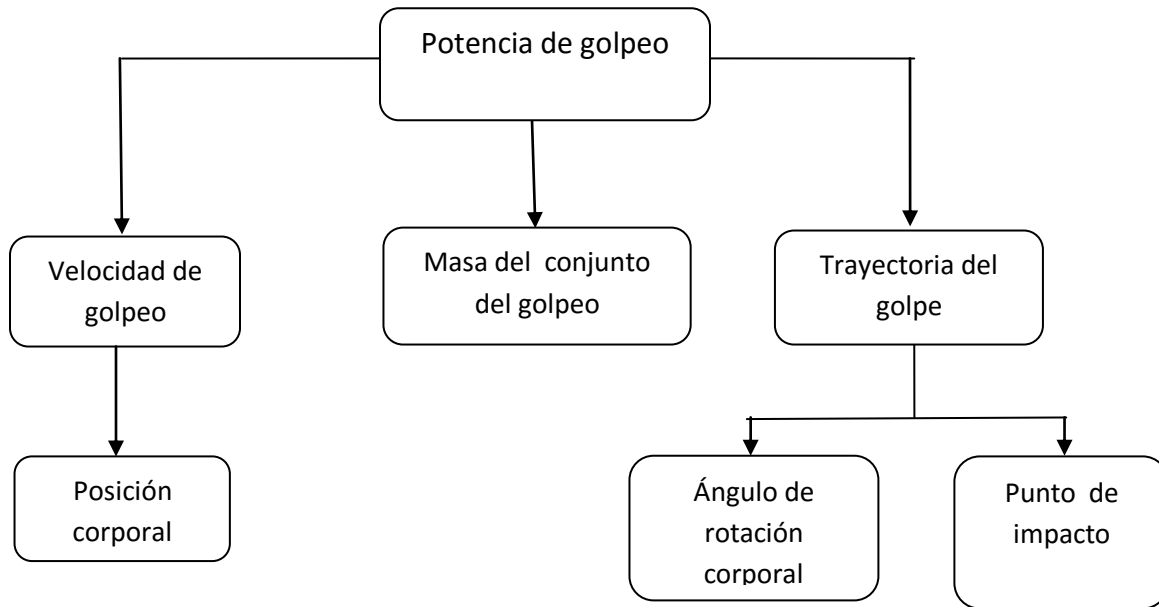


Figura 2.3. Modelo determinístico del golpe de un boxeador utilizado para un análisis cualitativo. Adaptado y modificado de Hay.[9]

La metodología de análisis cuantitativo es la recolección de datos biomecánicos para identificar variables claves en la técnica que afectan el rendimiento. Un análisis cuantitativo es ideal en el diagnóstico y la evaluación de algunas partes de la técnica deportiva pero este método consume mucho tiempo en el análisis y podría resultar poco benéfico al identificar las características del patrón de movimiento corporal general en una determinada técnica.

La metodología de análisis predictivo está basada en el modelado y las simulaciones técnicas computarizadas que están siendo desarrolladas y tiene gran potencial para la investigación y predicción de los movimientos ideales de cada deportista. En el uso de este método predictivo se han encontrado dificultades en determinar las funciones objetivas y los criterios de decisión para estimar los movimientos ideales.

Lograr integrar las tres metodologías mencionadas anteriormente podría resultar en una metodología muy efectiva en los procesos de entrenamiento y de la enseñanza de la técnica deportiva, sin embargo en la literatura mundial esta integración no ha sido desarrollada plenamente.

En la práctica tradicional en los procesos del entrenamiento y control de la técnica y la enseñanza del gesto deportivo se hacen básicamente por la imitación de una técnica hecha por deportistas superiores o suficientemente adiestrados. Esta técnica ideal opera como una plantilla del modelo técnico de rendimiento. Los entrenadores adoptan este modelo basados en fotografías o figuras secuenciales de los deportistas con mayor rendimiento. Este acercamiento tiene algunas limitaciones dada la variabilidad en la técnica modelo de un deportista que tiene sus propias características antropométricas, musculares, óseas, articulares, respiratorias, y de respuestas

fisiológicas y psicológicas (para enumerar solo algunas) entonces probablemente no hay fundamento para determinar la técnica o modelo ideal. Sin embargo a pesar de estas limitaciones se puede abordar otra metodología si descubrimos e investigamos patrones de movimientos más apropiados que en muchos casos son llamados patrón estándar o promedio en uso práctico.

Actualmente existen trabajos en la literatura, donde se muestra un análisis biomecánico de un deportista, específicamente hablando del box y artes marciales, existen trabajos de análisis cinemático de un golpe o patada. La mayoría de pruebas son realizadas con ayuda de una cámara digital, la cual puede grabar videos, que son útiles para analizar la correcta ejecución de un golpe.

2.4 ¿Por qué es necesario realizar un estudio biomecánico más profundo de un boxeador?

Realizar este tipo de estudios permitirá contar con elementos cuantitativos para guiar al deportista, obteniendo datos que faciliten la valoración de su desempeño a través de los entrenamientos. Con esto se pretende analizar y reforzar los conocimientos teóricos-prácticos dados por el entrenador y así obtener resultados cuantitativos que contribuyan al rendimiento deportivo de los peleadores.

La "pegada" en un deporte de combate es uno de los aspectos más importantes, tanto que gran parte del programa de entrenamiento de un boxeador tiene que girar en torno a este. Un golpe fuerte, potente y veloz marcará una gran diferencia en el ring. Pero para ello hay que saber bien cómo se origina, las contribuciones y los patrones de movimiento que lo componen.

El golpe es el último eslabón de la cadena cinética del movimiento de todo el resto del cuerpo los golpes en el boxeo nacen todos de una extensión de cadera (este gesto es que le aporta mayor potencia a un golpe), la extensión de rodilla y de tobillo proporcionan aún más potencia, entonces se transmite toda la fuerza generada en el tren inferior al tren superior mediante un giro de cadera, el torso, flexión del hombro, extensión del codo y finalmente, toda esa fuerza es proyectada en el puño.

El tren inferior es la parte más fuerte y potente de todo el cuerpo, y ahí se forma el golpe, el tren superior, aunque también contribuye a potenciar el golpe, toma en cierto modo el papel de camino para transmitir las fuerzas generadas al puño. Haciendo una analogía mecánica se podría decir que el tren inferior es el motor dónde explota la gasolina, y el tren superior son los pistones, bielas, cigüeñal y transmisión que transfieren la energía [10].

Como podemos ver en la figura 2.4, lo que marca la diferencia es la acumulación de fuerzas que recorren todo el cuerpo. Todo esto es lo que hace del puñetazo de boxeo el más potente de todos los deportes de combate.

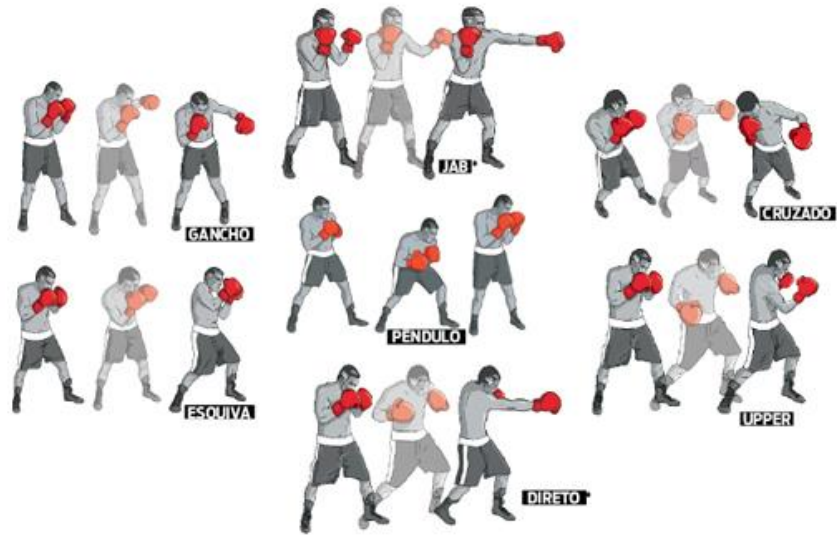


Figura 2.4. Modelo tradicional de la enseñanza, entrenamiento y control de la técnica del gesto deportivo

La visión al elaborar un programa de entrenamiento eficaz para aumentar y mejorar la fuerza de golpeo, y así conseguir un golpe fuerte y veloz, no debe centrarse en trabajar músculos, sino en potenciar las diferentes acciones y patrones de movimiento que anteriormente se mencionan: extensión de cadera, rodilla y tobillo (a esto se le conoce como "triple extensión"), rotación de cadera y torso, extensión del brazo y estabilidad del core (es el conjunto de músculos que se encuentran en los abdominales, lumbares y columna).

En un golpe, hay una combinación de fuerzas verticales, horizontales y torsionales. Por lo que nos interesa trabajar los patrones de movimiento nombrados anteriormente en un plano horizontal, vertical y en torsión. Esto será útil para diseñar rutinas y programas de entrenamiento para hacer que el golpe de los boxeadores sea lo más fuerte, potente y veloz posible.

2.5 Perspectiva biomecánica en el boxeo

El boxeo es un deporte donde la técnica de ejecución de los movimientos es de suma importancia para el buen desarrollo del deportista, de esta manera podemos incrementar el desempeño tanto para el ámbito profesional como para el amateur. Es necesario contar con un buen dominio de las técnicas defensivo-ofensivas, este dominio se puede lograr de dos maneras: una es mejorar movimientos previamente aprendidos y la otra es aprender movimientos nuevos (aprendizaje de nuevas técnicas).

Entre los objetivos de la biomecánica deportiva se encuentra el de servir como herramienta de evaluación de la técnica y determinar criterios de eficacia aplicando las leyes de la mecánica clásica a la ejecución de los movimientos [11].

Para tener una evaluación de un movimiento existen dos tipos:

1.- Valoración formal: sobre el proceso o ejecución de los movimientos, se subdivide en dos.

- a) Análisis cualitativo: se realiza tomando en cuenta las características y calidad de los movimientos.
- b) Análisis cuantitativo: se realiza en términos numéricos, para llevar a cabo este análisis es necesario implementar los procesos.

2.- Valoración real: sobre el producto o resultado.

El uso de la biomecánica implica que sea considerada como un elemento de comprensión y apoyo, para que, junto con las ciencias relacionadas con el deporte, suministre datos útiles y fiables [12].

El modelo biomecánico es una organización de factores dinámicos por niveles interdependientes que condicionan el rendimiento en una destreza deportiva. El nivel superior lo determina el objetivo fundamental del movimiento. El segundo nivel condiciona el nivel superior y comprende los factores cinemáticos, tales como las variables espaciales (distancias, ángulos), temporales (tiempos de contacto, tiempo de ejecución, etc.), espacio-temporales (velocidades lineales, velocidades angulares, aceleración lineal, aceleración angular). El tercer nivel condiciona el segundo nivel y abarca los factores dinámicos lineales (fuerzas, cantidad de movimiento) y dinámicos angulares (momento de una fuerza, momento angular). El último nivel condiciona el tercer nivel y está integrado por los factores correspondientes a la biomecánica interna o de los momentos musculares

Para iniciar un estudio biomecánico en el boxeo, se debe tener conciencia de todos y cada uno de los golpes, destacando los fenómenos físicos más importantes que intervienen en la mecánica de estos, aunque sean movimientos que duran apenas unas fracciones de segundos, llevan implícitas una gran cantidad de variables, de las que dependerá la efectividad del ataque.

Los principales golpes del boxeo son:

Golpes: Al ser distintas las trayectorias y la forma de ejecución de cada uno, en el boxeo se obliga a nombrar cada tipo de golpe para así diferenciarlos de los demás.

Jab: Se utiliza para mantener una distancia, para realizar golpes de distracción, para iniciar una combinación. Posee menor fuerza de impacto, normalmente este tipo de movimiento se ve realizado por el brazo izquierdo o el brazo defensivo.

Directo: Es un golpe más contundente que el JAB, el púgil que lo ejecuta debe estar bien apoyado en el suelo y con mayor impulso en la cadera, hombro y pecho. Se utiliza para frenar al rival, desestabilizarlo o para golpear con dureza.

Crochet: es un golpe lateral con trayectoria paralela al suelo que se dirige al rostro del rival.

Uppercut: es un golpe que se dirige de abajo hacia arriba buscando el mentón del adversario

Hook: tiene la misma técnica del uppercut exceptuando que este se dirige al cuerpo o de forma oblicua hacia el mentón.

Swing: es un crochet largo en el cual se gira el puño para que el impacto sea en la zona de los nudillos.

Los esfuerzos explosivos puros requieren una concentración previa (que sólo se da en el boxeo en golpes profundos y aislados), y si bien los movimientos del boxeo son rápidos (entre 150-300 ms) es importante tener una buena base explosiva.

En los métodos de autodefensa siempre se da los 3 segundos iniciales como críticos. Dentro del asalto hay fases en que el boxeador carga más los golpes. Los contragolpeadores y golpeadores se caracterizan por un régimen de intensidad bajo, pero de acciones muy explosivas, con pausas que les sirven para recuperar su frescura muscular y perceptiva. La necesidad de fragmentar el trabajo de potencia explosiva (fase anaeróbica) del de resistencia a la fuerza (fase anaeróbica) es importante para evitar la formación de barreras de velocidad.

Un movimiento simple como dar un golpe requiere músculos fuertes para un esfuerzo convergente y fácilmente orientado. Pero cuando se le exige un movimiento explosivo complejo, por ejemplo una finta y luego un golpe (coordinación intermuscular), el racimo de pequeños impulsos numerosos de todo el recorrido le exige un aprendizaje y un esfuerzo de concentración mucho mayor. Los músculos que permiten movimientos pequeños que exigen mucha coordinación suelen estar formados por unidades motoras muy numerosas (2000) con una pequeña cantidad de fibras musculares (de 10 a 40). En cambio los músculos grandes del ser humano contienen 2-3 veces menos unidades motoras, pero hasta 200 fibras[13].

La efectividad de un golpe depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- a) **La masa con la que se golpea:** Impactar con "todo el cuerpo" implica que en el golpe intervenga una mayor masa, y por tanto, una mayor fuerza.
- b) **La presión ejercida por unidad de superficie:** Un golpe dado con sólo dos nudillos (poca superficie de contacto) provoca más daños que otro dado con toda la palma de la mano (mucho superficie de impacto).
- c) **La rigidez del "arma":** golpear con el codo (muy rígido), provoca más daños que hacerlo con un guante de boxeo acolchado.

Precisión:

Impactar en el rostro no es lo mismo que golpear un hombro. La precisión se refiere al lugar donde se esté conectando el golpe, es decir es un concepto meramente fisiológico, es por esta razón que para efectos prácticos de nuestro análisis no será tan importante ampliar este concepto.

Velocidad: se puede separar en dos tipos.

Velocidad de percepción en el ataque: La percepción es visual en la media-larga distancia, y más táctil en la corta (teniendo que incluso imaginar los huecos externos del rival). La primera velocidad que emplea un púgil es la de los músculos oculares, al calcular el blanco (figura del rival) calcula la trayectoria y después el volumen (huecos) y lo calcula siempre en relación a si mismo, lo hace desde un marco posicional (su guardia), planificando el objetivo y su propia acción, es decir anticipando donde estará el rival y donde estará su propia posición (situación de equilibrio), mediante parámetros muy complejos (eje de cabeza, centro de gravedad, etc.), añadiendo todos los sensores de una manera selectiva (sistema nervioso central). El efecto final es una recalibración entre las entradas sensoriales y la postura deseada, no sólo calcula el movimiento del rival sino también cuál será su propia posición. El movimiento es una fuente de desequilibrio puesto que cambia la geometría del cuerpo, con el aprendizaje de buenos desplazamientos y una buena guardia se consigue un ajuste postural anticipado, que precede a cualquier orden de movimiento en términos de velocidad y fuerza.

Velocidad de percepción en la defensa: La retina localiza la posición del rival en términos de distancia con respecto a su cuerpo, a la vez que evalúa la posición de su mano o antebrazo respecto al tronco. Sólo cuando está hecha esa operación, da la orden a los músculos y articulaciones. El cálculo lo predice en interés del tramo final, para calcular el reequilibrio posicional adecuado, en parámetros de rigidez (como medio de mantener la posición base de guardia) y absorción (rotación del tobillo, desplazamiento de la cadera, flexión de las piernas a modo de amortiguación) o ejecución de un desplazamiento.

Como se menciona previamente, la velocidad es un factor muy importante que afecta la potencia de golpeo de un boxeador, con mucho más importancia quizá que la masa del conjunto de golpeo, ya que haciendo un análisis de la energía cinética, si aumentamos la masa, la energía cinética aumenta también de manera proporcional, mientras que si aumentamos la velocidad con la que se efectúa el golpe, la energía cinética con la que se impacta aumenta de manera cuadrática, se expresa de la siguiente manera.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.1)$$

Aplicándolo a nuestro análisis tenemos lo siguiente:

E_c : Energía Cinética conseguida

m : Es la masa con la que se impacta, es decir, el puño, parte del brazo y el cuerpo.

v : la velocidad a la que se desplaza el puño.

La velocidad de un puño que se desplaza hacia su oponente suele depender de la rapidez con la que éste se desplace en línea recta desde su arranque hasta el punto de impacto. Tomando en cuenta que esta es una velocidad lineal puede calcularse fácilmente dividiendo el espacio recorrido (la longitud del brazo) entre el tiempo que dura, este resultado se divide entre dos ya que se tiene que estimar la velocidad media del movimiento, dado que el puño parte del reposo, a velocidad cero.

$$I = \sum m_i r_i^2 \quad (2.2)$$

Un boxeador con un debido entrenamiento sabe por experiencia que sus golpes adquieren mayor energía si, durante la trayectoria del golpe, se giran un poco la cadera y los hombros desde detrás hacia delante de forma que se impulse al puño (ver figura 2.5), este leve giro del cuerpo aporta al golpe una energía complementaria, que se conoce como "Energía Cinética Rotacional". De esta manera, el movimiento total está ahora formado por el avance lineal del puño y un giro de la cadera que complementa al anterior.

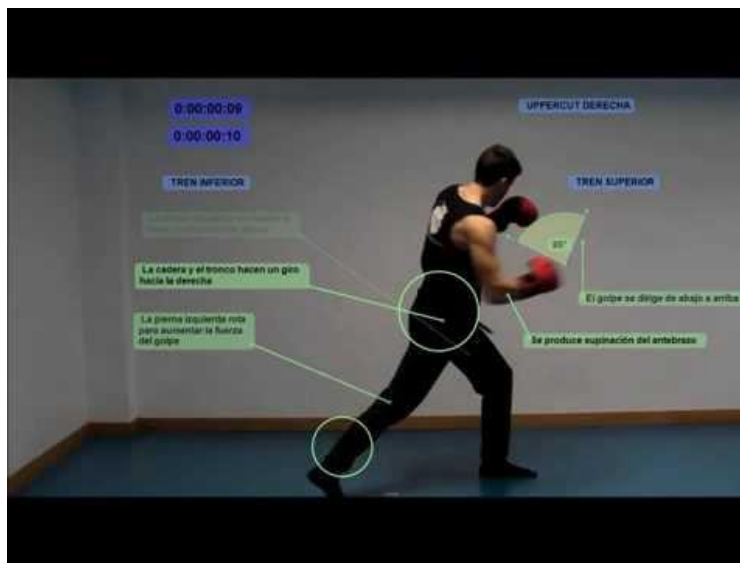


Figura 2.5 Análisis de ángulos y posiciones durante el golpe.

La Energía cinética rotacional (E_r) es similar a la Energía cinética lineal (E_c) y su magnitud depende del "Momento de Inercia" (I) del cuerpo que gira, así como de la "Velocidad Angular" (W) de dicho giro. El Momento de Inercia (I) de un cuerpo en movimiento depende a su vez, de la masa de cada partícula, átomo o molécula que se encuentre girando en torno a un eje común y de la distancia

de dicha partícula al centro de giro. Sumando todas las masas del cuerpo que gira, y multiplicando sus respectivos radios al cuadrado, obtendremos el Momento de Inercia total del sistema [14].

$$E_{rot} = \frac{1}{2} I_x \omega^2 \quad (2.3)$$

$$I = \sum m_i r_i^2 \quad (2.4)$$

Donde :

E_{rot} = *Energía Cinética Rotacional*

I = *Momento de inercia.*

ω = *velocidad angular.*

m = *Masa de la partícula que gira.*

r = *distancia de la partícula al centro del eje de giro.*

Ecuaciones 2.3 y 2.4: energía cinética rotacional [15].

La Energía Rotacional aumenta cuando se aumenta la velocidad de giro (ω) o velocidad angular, así como también, cuando aumenta el radio del giro, es decir, la distancia del puño hasta el centro del cuerpo (r). Un claro ejemplo de esto se puede ver en el “gancho a la mandíbula”, que al estar el codo levantado a la altura de los hombros, el radio del giro aumentara y así se fuerza al puño a separarse del centro del cuerpo, consiguiendo un aumento sustancial del Momento de Inercia (I) y por tanto, de la Energía cinética rotacional (ver figura 2.6).

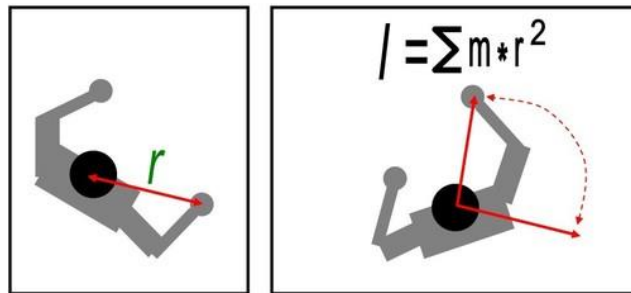


Figura 2.6 Análisis de ángulo y rotación de un “gancho a la mandíbula”

Masa:

Cuando se lanza un golpe, por cualquiera que este sea, la masa que interviene en el impacto no es la masa corporal total, tan sólo el puño y parte del brazo actúan en el impacto. La “masa de impacto” puede ser aumentada si se sabe colocar el cuerpo en una buena posición, es decir, golpear mientras se está avanzando, proyectar el hombro al frente y cargar el tronco. También es importante apoyar los pies de una manera adecuada para evitar el retroceso de toda la masa impulsada (recordemos el principio de acción-reacción). Con un entrenamiento efectivo se puede

lograr que la masa que es proyectada hacia adelante aumente considerablemente y al mismo tiempo incrementar la energía cinética.

Presión:

Se define a la presión como la fuerza aplicada por unidad de superficie, cuanto menor sea el área mayor será la presión ejercida, en nuestro caso, una mayor presión se traduce a una mayor contundencia en el golpe. En el boxeo la mayor presión ejercida se manifiesta en los dos primeros nudillos interiores, esto quiere decir que si reducimos el número de nudillos involucrados en el golpe, la superficie también se verá reducida por lo que obtendremos una mayor presión.

Rigidez:

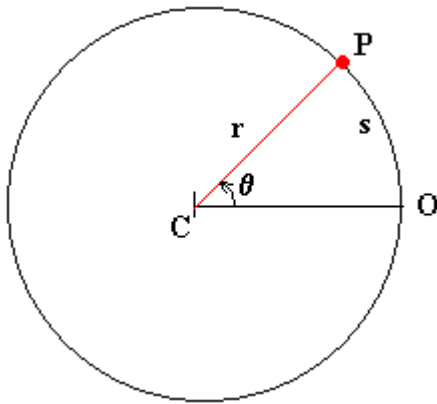
Otro factor crucial es la rigidez del conjunto puño-brazo-cuerpo. La rigidez es importante porque es una de las propiedades que intervienen directamente en la potencia final de un impacto. Una deficiencia en la rigidez (puño muy blando) provoca la pérdida de gran parte de la Energía cinética conseguida durante el movimiento, porque gran parte de esta energía se disipa o emplea para deformar el puño, por tanto, a menor rigidez, mayor pérdida de energía. La única forma de aumentar la rigidez del puño es entrenando para conseguir unas manos más densas, aumentar la masa muscular de todo el brazo (sobre todo de la mano, muñeca y antebrazo) y forzar el endurecimiento de la masa ósea mediante entrenamientos con el saco.

Calcular el coeficiente de rigidez de un brazo humano solo puede hacerse mediante la utilización de cámaras de alta velocidad. El coeficiente de rigidez es proporcional a la fuerza aplicada (F_i) y al desplazamiento debido a la deformación. Sabiendo esto, a menor desplazamiento (compresión) de todo el brazo implicado en el golpe, medida en unidades de longitud axial, mayor será la rigidez, y por tanto, mayor será la energía aprovechada.

Para analizar teóricamente los movimientos de un deportista, se requiere la aplicación de expresiones y conceptos matemáticos relacionados con los mismos.

Movimiento circular:

Se define como aquél cuya trayectoria es una circunferencia. Una vez situado el origen O de ángulos describimos el movimiento circular mediante las siguientes magnitudes.

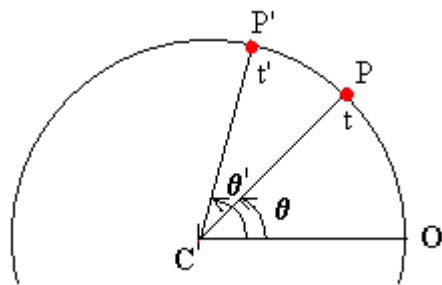


Posición angular, θ

En el instante t el móvil se encuentra en el punto P. Su posición angular viene dada por el ángulo θ , que hace el punto P, el centro de la circunferencia C y el origen de ángulo O.

El ángulo θ , es el cociente entre la longitud del arco s y el radio de la circunferencia r , $\theta=s/r$. La posición angular es el cociente entre dos longitudes y por tanto, no tiene dimensiones.

Velocidad angular:



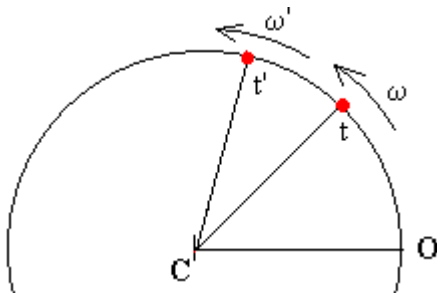
En el instante t' el móvil se encontrará en la posición P' dada por el ángulo θ' . El móvil se habrá desplazado $\Delta \theta = \theta' - \theta$ en el intervalo de tiempo $\Delta t = t' - t$ comprendido entre t y t' .

Se denomina velocidad angular media al cociente entre el desplazamiento y el tiempo.

$$w = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Como ya se explicó en el movimiento rectilíneo, la velocidad angular en un instante se obtiene calculando la velocidad angular media en un intervalo de tiempo que tiende a cero.

Aceleración angular, α



Si en el instante t la velocidad angular del móvil es w y en el instante t' la velocidad angular del móvil es w' . La velocidad angular del móvil ha cambiado $\Delta w = w' - w$ en el intervalo de tiempo $\Delta t = t' - t$ comprendido entre t y t' .

Se denomina aceleración angular media al cociente entre el cambio de velocidad angular y el intervalo de tiempo que tarda en efectuar dicho cambio.

$$E = Pt \quad \alpha = \frac{\Delta w}{\Delta t} \quad (2.6)$$

La aceleración angular en un instante, se obtiene calculando la aceleración angular media en un intervalo de tiempo que tiende a cero. [4]

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{dw}{dt} \quad (2.7)$$

Energía cinética:

Cuando un cuerpo está en movimiento posee energía cinética, ya que al chocar contra otro puede moverlo y por lo tanto, producir un trabajo.

Para que un cuerpo adquiera energía cinética o de movimiento, es necesario aplicarle una fuerza. Cuanto mayor sea el tiempo que esté actuando dicha fuerza, mayor será la velocidad del cuerpo y por lo tanto, su energía cinética será también mayor. Otro factor que influye en la energía cinética es la masa del cuerpo.

La energía cinética de todo cuerpo se determina por la escritura de expresiones semejantes para cada una de las partículas del cuerpo y la integración de los resultados, es decir: [6]

$$Ec = \frac{1}{2} \int_m dm v_i^2 \quad (2,8)$$

La expresión que representa la Energía Cinética es la siguiente:

$$Ec = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.9)$$

E_c = Energía cinética

m = masa

v = velocidad

Potencia:

Es el trabajo que se ha realizado durante la unidad de tiempo, es decir, la energía desarrollada por unidad de tiempo.

$$P = \frac{w}{t} = \frac{E}{t} \quad (2.10)$$

Despejando en la ecuación anterior, si conocemos la potencia de una máquina y el tiempo que ha estado en funcionamiento, se puede calcular la energía que ha producido y el trabajo que ha desarrollado.

$$E = Pt \quad (2.11)$$

Capítulo 3. Diseño a partir de normas, IDEF0.

¿Qué es un IDEF0?

La traducción literal de las siglas IDEF es Integration Definition for Function Modeling (Definición de la integración para la modelización de las funciones). IDEF consiste en una serie de normas que definen la metodología para la representación de funciones modelizadas.

Estos modelos consisten en una serie de diagramas jerárquicos junto con unos textos y referencias cruzadas entre ambos que se representan mediante rectángulos o cajas y una serie de flechas. Uno de los aspectos de IDEF0 más importantes es que como concepto de modelización va introduciendo gradualmente más y más niveles de detalle a través de la estructura del modelo. De esta manera, la comunicación se produce dando al lector un tema bien definido con una cantidad de información detallada disponible para profundizar en el modelo. [21]

Las principales ventajas que presenta este sistema son estas:

- Es una forma unificada de representar funciones o sistemas
- Su lenguaje es simple pero riguroso y preciso
- Permite establecer unos límites de representación de detalle establecido universalmente.

Un IDEF se representa gráficamente por medio de cajas que contiene las funciones del proceso que va a ser modelada, junto con sus inputs, outputs, controles y mecanismos.

El diagrama gráfico es el principal componente de un modelo IDEF0, (ver figura 3.1). Las funciones que representan las cajas de estos diagramas pueden ser divididas o descompuestas en una serie de diagramas que describan los objetivos concretos del proyecto representado. El diagrama de alto nivel del modelo (top-level), proporciona una descripción más general o abstracta del tema representado en el modelo.

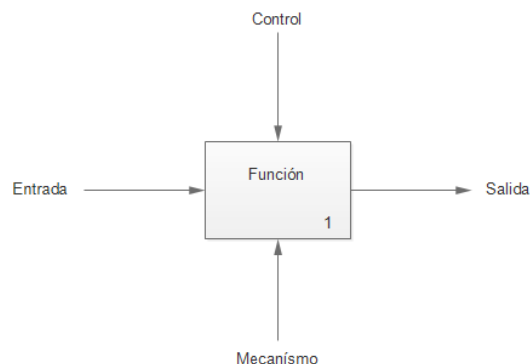


Figura 3.1. Representación gráfica de un diagrama A0

- Flecha de mecanismo: Tipo de flechas que representan mecanismos, es decir, aquello que se necesita para desarrollar una función. Las flechas de mecanismo se sitúan en la parte baja de la caja IDEF0. Los mecanismos muestran las interrelaciones con otros procesos, los recursos externos necesarios para el proceso, etc.
- Flecha de entrada: Tipo de flecha que expresa un input o entrada, p.e. el dato u objeto que es transformado por la función en un output o salida. Las flechas de input se ubican en la parte izquierda de la caja. Los inputs pueden ser necesidades, requisitos, estados, etc.
- Flecha de salida: Tipo de flecha que expresa un output, es decir, el dato u objeto producido por una función. Las flechas de output están asociadas a la parte derecha de una caja IDEF0.
- Flecha de control: Objetos que gobiernan o regulan cómo, cuándo y si una actividad se ejecuta o no, pueden ser normas, guías, políticas, calendarios, presupuesto, reglas, especificaciones, procedimientos. - Asociados al lado superior de la actividad.

3.1 Análisis biomecánico de un boxeador A0

En esta primera etapa de la metodología se presenta un bosquejo de lo que será el proceso, indicando que resultado se espera, las entradas que serán analizadas, así como los controles que se tendrán. (Figura 3.2)

3.2 Videograbación A1

Para realizar una videograbación es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Iluminación correcta: es necesario tener una iluminación superior a 2000 lúmenes

Ajustar la posición boxeador- cámara: la imagen a video grabar debe ser del sujeto de estudio de cuerpo completo, para poder realizar un análisis de todos los parámetros de interés. (Figura 3.3)

3.2.1 Posicionamiento cámara/boxeador A11

La distancia correcta que debe existir entre el boxeador y la cámara es aquella que permita visualizar de cuerpo completo al sujeto de estudio. Para comprobar la posición se realizaran diferentes combinaciones de golpes para asegurar que no se pierda ningún parámetro de estudio. (Figura 3.4)

3.2.2 Realización del golpe A12

En conjunto con el entrenador se realizara una combinación específica de golpes para de esta manera poder realizar una evaluación. (Figura 3.4)

3.2.3 Grabar el golpe A13

La videograbación se comenzara cuando el boxeador empieza la secuencia de golpeo y terminará cuando el entrenador lo indique. (Figura 3.4)

3.3 Editar video A2

Esta sección abarca desde el video original hasta la caracterización del video con los parámetros de interés. (Figura 3.3)

3.3.1 Convertir video A21

Una vez realizada la videograbación, el material se somete a un cambio de formato para que sea más fácil analizarlo por el software. (Figura 3.5)

3.3.2 Seccionar video A22

En esta parte del proceso se corta el video para dejar unicamente el segmento que comprenden el recorrido del golpe de interés. (Figura 3.5)

3.3.3 Caracterizar video A23

El video se caracteriza con marcadores, mallas y se especifica la velocidad de grabacion. Ver figura. (Figura 3.5)

3.4 Obtener datos A3

Una vez que se tiene el video parametrizado se analizará en un software para obtener datos numéricos. (Figura 3.3)

3.4.1 Seguir trayectorias A31

Una vez seleccionadas las imágenes a analizar se seleccionarán las posturas de interés en busqueda de las posibles correcciones en la técnica propia de cada uno de los boxeadores. Ver figura. (Figura 3.6)

3.4.2 Obtener datos A32

Una vez identificadas la técnica propia de cada boxeador se extraen los datos de velocidad y fuerza de golpeo. (Figura 3.6).

3.4.3 Procesar informacion A33

Una vez obtenidos los datos se generan las gráficas representativas y el gesto deportivo para cada uno de los boxeadores. (Figura 3.6)

3.5 Analizar resultados A4

Una vez teniendo identificados cuales son los errores que arrojan las grabaciones, será posible plantear los cambios pertinentes en el entrenamiento habitual del boxeo con el fin de mejorar los movimientos y técnicas. (Figura 3.3)

3.5.1 Comparar datos contra video A41

Se analiza el video de cada golpe junto con sus resultados de fuerza y velocidad, de esta es más fácil comprender la técnica y observar cuales son los golpes representativos para cada caso. Ver figura. (Figura 3.7)

3.5.2 Obtener gesto deportivo A42

Con los golpes representativos de cada peleador es posible obtener el gesto propio. (Figura 3.7)

3.5.3 Analizar gesto deportivo A43

El resultado final son las deficiencias que presentan los boxeadores a la hora de realizar el golpe y del porqué de éstas, respaldándose en datos numéricos para su futura mejora. (Figura 3.7)

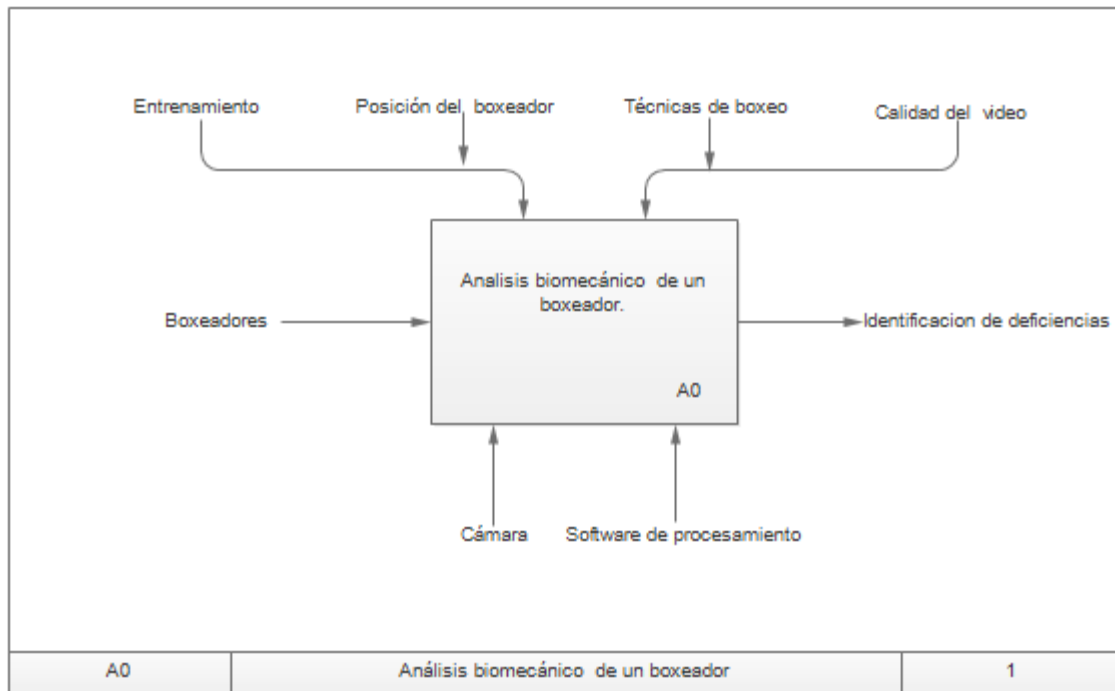


Figura 3.2. A0 análisis biomecánico de un boxeador (diagrama padre)

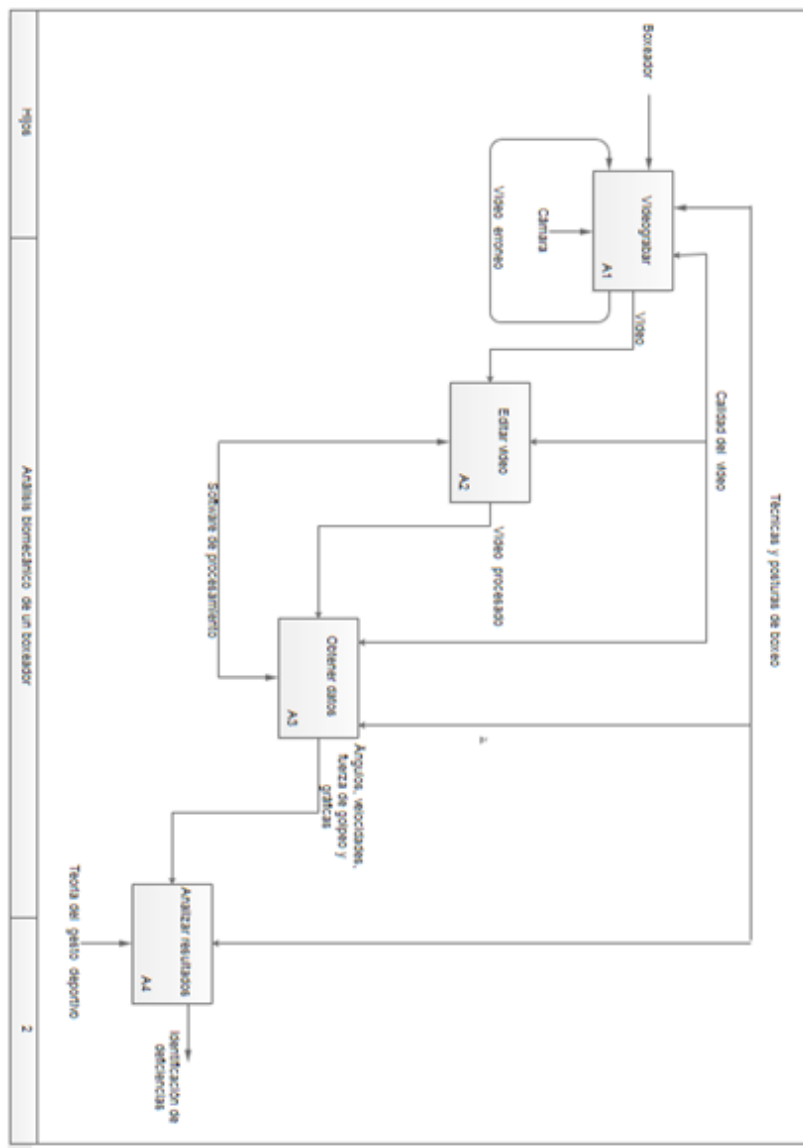


Figura 3.3. Diagrama hijo

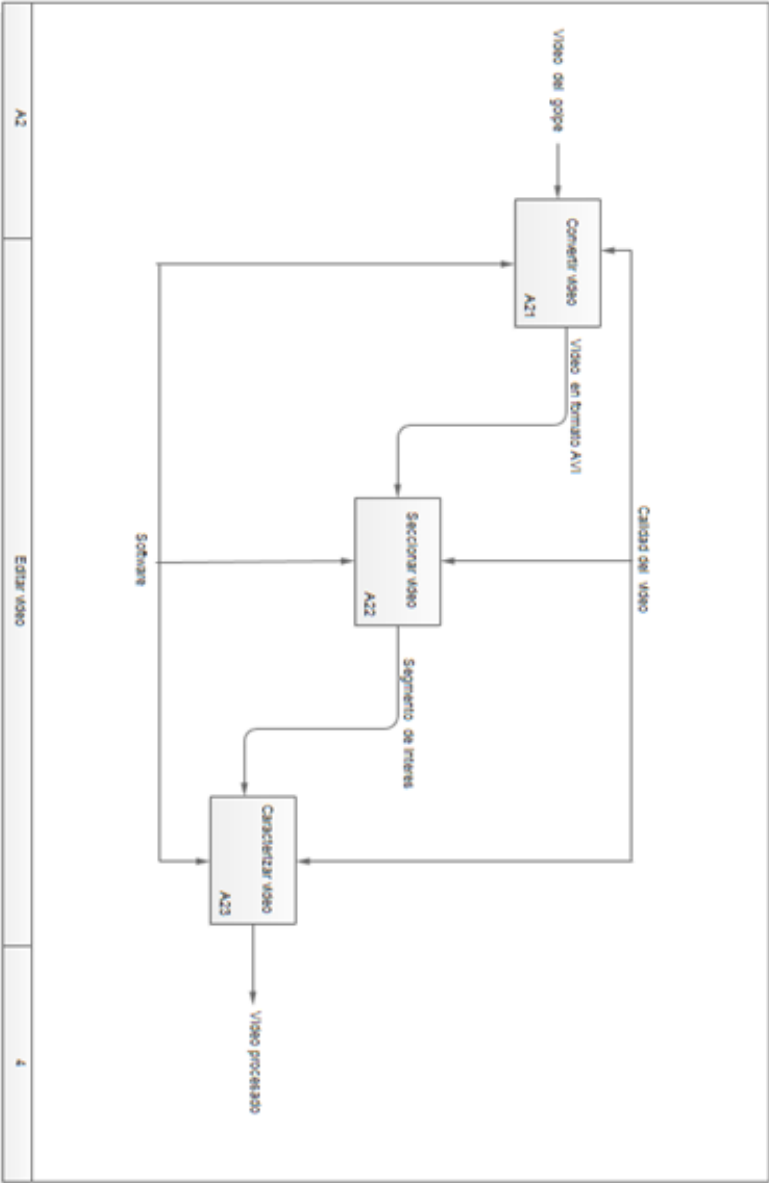


Figura 3.5. Diagrama nieta 2

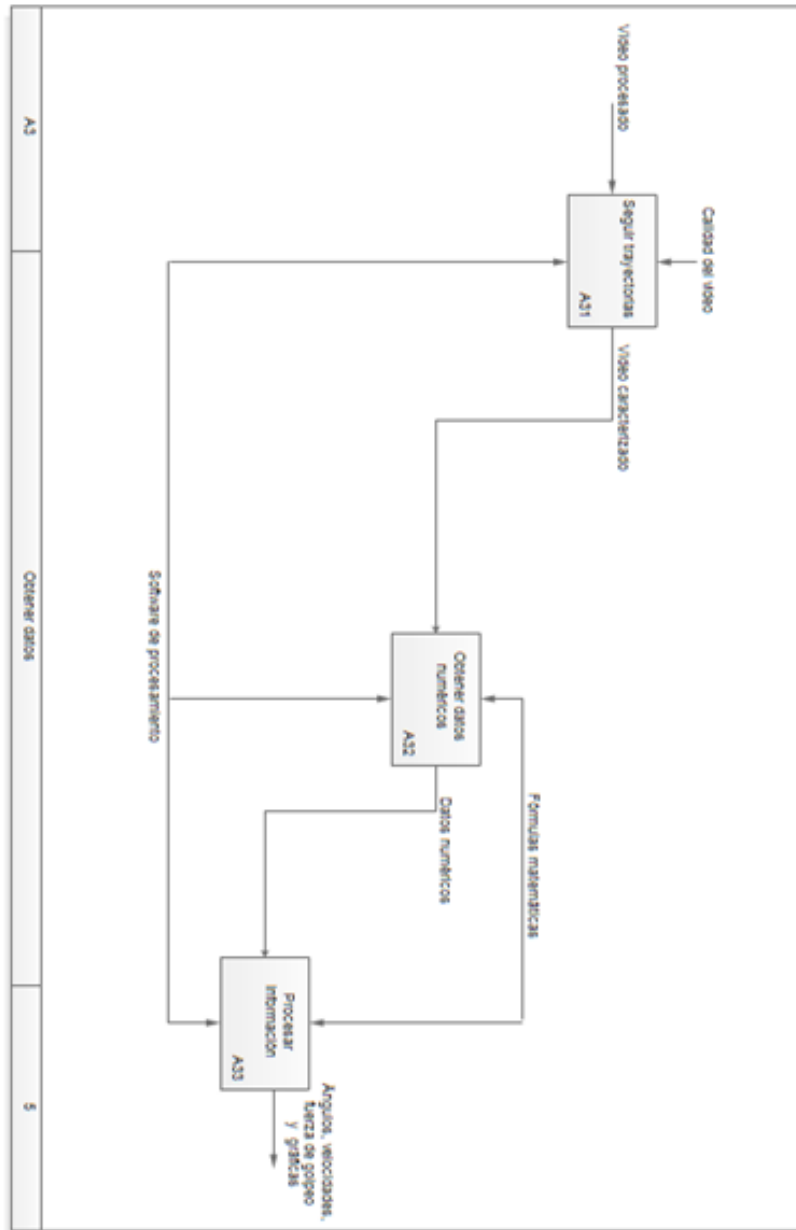


Figura 3.6. Diagrama nieta 3

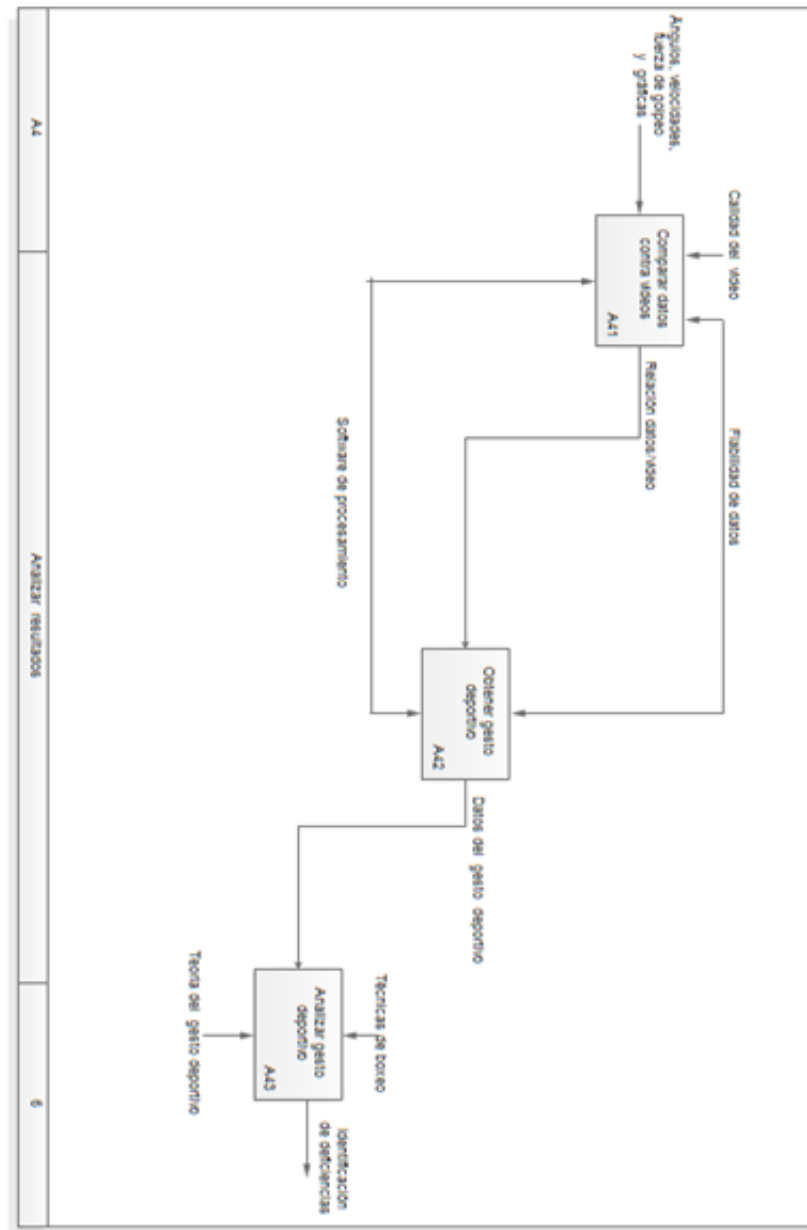


Figura 3.7. Diagrama nieta 4

Capítulo 4. Diseño e implementación:

En este capítulo se desarrollan los puntos tomados en cuenta para la elección, instrumentación e implementación del aparato utilizado para las pruebas desarrolladas; así mismo de los parámetros matemáticos y deportivos que están involucrados durante el movimiento del atleta, mismos que servirán para obtener y analizar todos los parámetros de referencia necesarios en las técnicas de boxeo con la finalidad de establecer un programa de entrenamiento el cual maximice el rendimiento físico del boxeador con ayuda del aparato instrumentado.

4.1 Diseño conceptual.

El entrenamiento deportivo presupone o demanda un dominio completo de las características morfofisiológicas del organismo humano y de sus adaptaciones con el ejercicio, que llevan al organismo a buscar el aprovechamiento del mismo y por ende un aumento del rendimiento físico-deportivo. Este aumento del rendimiento no solo sirve para los deportistas de alto nivel, sino también para lograr una mejor forma física que mejore el funcionamiento del cuerpo.

Sin embargo, entre más entrenado sea un deportista, más difícil será alcanzar un estado de alteración funcional, que obligue al organismo a efectuar adaptaciones permanentes para garantizar un rendimiento superior. Por lo tanto, es importante conocer los principios básicos que establecen las pautas para intervenir el organismo humano en procesos de entrenamiento y generar adaptaciones óptimas para el objetivo propuesto, alcanzando siempre los niveles deseados en el momento adecuado de la competencia o simplemente niveles superiores de rendimiento físico-motriz para tareas no asociadas a la competencia directa o para efectos de salud [8].

En el cuerpo humano el movimiento es el resultado de la acción muscular. La fuerza permite desplazar una resistencia sin tener en cuenta el problema del tiempo, pero cuando se requiere que sea aplicada en corto plazo de tiempo, entonces hablamos en términos de potencia muscular. Correr, saltar, lanzar y elevar constituyen los gestos fundamentales de cualquier actividad deportiva. Todos ellos requieren contracciones musculares en un tiempo mínimo, de donde se deduce que el desarrollo de la potencia muscular es indispensable para el deportista, la velocidad y la fuerza son los componentes virtuosos encontrados en grados variables, en casi todos los movimientos atléticos.

Las manifestaciones de la potencia se reflejan en la carga que se soporta y en la velocidad con que se desplaza, por tal motivo, elegir una carga para cada sujeto que provoque la potencia necesaria según la disciplina deportiva, es de vital importancia teniendo en cuenta las exigencias del deporte moderno [7].

- **Potencia muscular:**

La potencia muscular es el desarrollo de una fuerza con una exigencia asociada de tiempo mínimo. Es el caso de los saltos, donde para lograr un máximo resultado, la fuerza deberá ser aplicada velozmente [16].

Depende de la fuerza pura, la coordinación, la velocidad de contracción de la musculatura y el respeto de los principios biomecánicos que rigen el movimiento [17]. De acuerdo al estudio realizado por Giraldes M. en 1992, el entrenamiento de la potencia existen las siguientes posibilidades:

- ✓ Aumento de la fuerza pura.
- ✓ Perfeccionamiento de la coordinación.
- ✓ Relación entre la fuerza y el tiempo.

La Ley de Hill (1939), dice que “A mayor carga menor velocidad y esto se comprueba a medida que vamos acercándonos al máximo de fuerza R.M (repetición máxima) en donde el movimiento se hace cada vez más lento” [18].

Conforme progresa el rendimiento de un atleta se reduce el tiempo para aplicar fuerza y la única solución para aumentar el rendimiento es mejorar la relación fuerza-tiempo, es decir, aplicar más fuerza en menor tiempo [19].

La relación fuerza tiempo se expresa a través de la curva fuerza-tiempo. Esta curva puede utilizarse, para mediciones estáticas o dinámicas y propone que las modificaciones positivas se producen cuando la curva se desplaza hacia la izquierda y arriba, lo que significa que para producir la misma fuerza se tarda menos tiempo o que en el mismo tiempo se alcanza más fuerza. Cualquier modificación que se produzca se verá reflejada también en la curva fuerza-velocidad y viceversa. Si los resultados de una medición de fuerza se expresan a través de la curva fuerza-velocidad, las modificaciones positivas se producen cuando la curva se desplaza hacia arriba y a la derecha, y esto significa que la misma resistencia se desplaza a mayor velocidad o que a la misma velocidad se desplaza mayor resistencia. Producir mayor fuerza en menor tiempo es lo mismo que desplazar la misma resistencia a mayor velocidad. De la misma manera, alcanzar más fuerza en el mismo tiempo (misma velocidad) es lo mismo que desplazar una resistencia mayor a la misma velocidad (Figura 4.1).

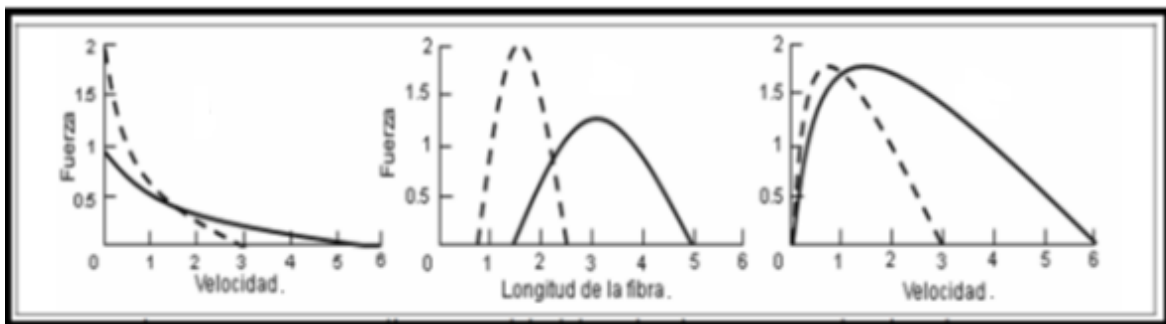


Figura 4.1. Curvas de fuerza-velocidad para músculos con diferente disposición de fibras –longitudinal transversal-. Las líneas continuas representan fibras con 2 unidades de longitud y 1 sección transversal. Las líneas discontinuas representan fibras con 1 unidad de longitud y 2 de sección transversal. Gonzales (2007).

De acuerdo con los resultados obtenidos por González, B. [19], Si se hicieran infinitas medidas de la producción de fuerza en la unidad de tiempo (fuerza explosiva) entre dos puntos de la curva fuerza-velocidad, se encontraría que existe un momento en el que la producción de fuerza por unidad de tiempo es la más alta de toda la curva. El tiempo en el que se mide esta producción de fuerza es en la práctica de 1 a 10 ms, a este punto se le conoce como fuerza explosiva máxima ($FE_{m\acute{a}x.}$), y se define como la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo, o la mejor relación fuerza tiempo de toda la curva. La $FE_{m\acute{a}x}$ se produce a los 100 ms de iniciar la producción de fuerza, coincidiendo, lógicamente, con la fase de máxima pendiente de la curva.

Si las variables que condicionan la potencia máxima son la fuerza y la velocidad, e incrementando alguna de estas dos variables en su expresión máxima se modificaría la curva de $f-v$, entonces las estrategias para aumentar la potencia muscular pueden ser:

- ✓ Aumentar la fuerza máxima.
- ✓ Aumentar la velocidad máxima.
- ✓ Distintas combinaciones de estas dos opciones.

Se sabe entonces que el desarrollo de la fuerza muscular, como de cualquier otra cualidad, depende de la magnitud de la exigencia en la unidad de tiempo, que es la que determina la intensidad de estímulo, y con ella, la tensión muscular. Según este principio fisiológico si la tensión es baja debido a la escasa resistencia a vencer, el músculo no aumenta su fuerza.

Sólo con el uso sucesivo de cargas elevadas se logra el engrosamiento de la fibra muscular, y con ello, el aumento de la fuerza. El peso que un determinado músculo es capaz de vencer determinará en cada caso la intensidad del estímulo que se le aplica. Cuando se habla del valor máximo de fuerza muscular, hay que considerar que ésta ha de guardar una relación con las otras cualidades motrices.

En las especialidades que requieren un alto nivel de fuerza dinámica o de resistencia, la fuerza muscular es un complemento necesario para obtener un alto grado de entrenamiento; ahora bien, el descuidar las cualidades dominantes en una especialidad deportiva determinada en beneficio

de un trabajo intensivo de fuerza puede invertir por completo el efecto buscado. Los rendimientos deportivos no pueden llevarse a cabo sin la fuerza [20].

4.2 Variables del producto

El aparato mencionado debe cumplir con las siguientes características:

- 1.- Debe ser capaz de medir la potencia únicamente a partir del contacto de golpeo entre boxeador y aparato.
- 2.- Debe arrojar datos numéricos fáciles de interpretar por el entrenador.
- 3.- Debe tener facilidad para ser operado por cualquier persona.
- 4.- Debe soportar la potencia de impacto sin presentar fallas de ningún tipo.

4.3 Diseño de realización.

Para la adquisición se realizó una cotización de tres aparatos ya existentes en el mercado:

- 1.- El wave master XL
- 2.- El mono Bob
- 3.- El bote rebote.

Los tres cumplen con el objetivo de soportar el impacto de golpeo de un boxeador, así que se procedió a seleccionar el wave master debido al materia del que está hecho, ya que será más viable su instrumentación que los demás, figura 4.2.

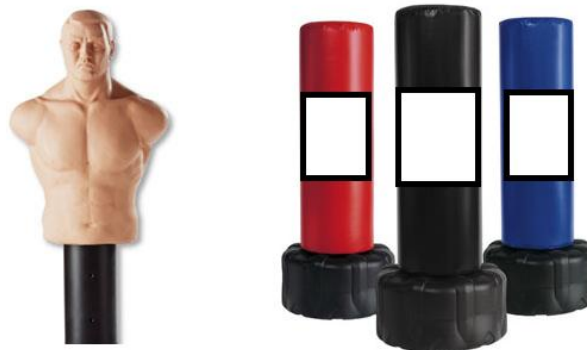


Figura 4.2. Diferentes equipos deportivos para golpeo [19]

4.4 instrumentación del equipo

Una vez que el aparato fue seleccionado, se procede a la instrumentación del mismo, la cual consta de los siguientes partes.

- 1- Acondicionamiento para la celdas de carga: en esta etapa el aparato fue modificado de tal de manera que pudiera alojar a las dos celdas de carga previamente seleccionadas, se hicieron 2 perforaciones donde estas se coloraron y fijaron para que pudieran ser golpeadas de manera cómoda por el boxeador.
- 2- Comunicación entre las celdas de carga y la computadora: una vez colocadas las celdas en su posición, se procede a conectarlas con la computadora para lograr la comunicación entre estas.
- 3- Obtención de datos: la obtención de datos se logra a través de un software de procesamiento de datos, el cual arroja los pesos generados durante el golpeo.

4.4 Programa de actividades

Una vez instrumentado el equipo se realizaron los golpes rectos y ganchos de cada uno de los deportistas, con la finalidad de obtener el video y la fuerza de golpeo para cada uno de estos.

Los videos obtenidos serán procesados en el software kinovea el cual proporcionara los datos de posiciones, ángulos y velocidades para obtener el comportamiento de la técnica de cada uno de los deportistas.

4.4.1 Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos obtenidos en pruebas abarca las siguientes operaciones

- 1.- Edición del video del golpe.

En esta etapa el video es editado en un software para delimitar la duración del ciclo, imágenes clave y conocer los puntos de interés para el análisis.

- 2.- Obtención de posiciones, ángulos y velocidades.

Una vez teniendo los puntos de estudio se sacaran posiciones, ángulos y velocidades para toda la trayectoria del golpe.

- 3.- Procesamiento de la información obtenida.

Con los datos obtenidos se define el ciclo de duración del golpe, el cual permitirá tomar las posturas de interés, así como también el inicio y fin del gesto deportivo. El inicio del ciclo comenzara en el momento donde el puño va hacia adelante alineándose (en lo posible) con los marcadores de los hombros formando un ángulo α , figura 4.3. El ciclo termina cuando el puño tiene contacto en el aparato instrumentado, formando un ángulo β , figura 4.4

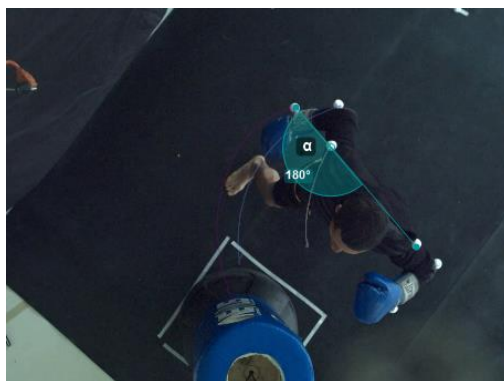


Figura 4.3. Inicio de ciclo

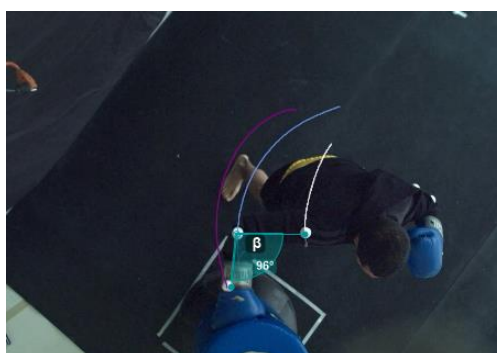


Figura 4.4. Fin de ciclo

4.- Obtención de grafías representativas.

Con la información del ciclo se obtiene el comportamiento del golpe y de esta manera conocer cuál es el gesto de golpeo de cada uno de los peleadores.

Sujetos analizados

La muestra observada para esta investigación fue de 5 peleadores, los cuales, participaron en el campeonato “Juegos nacionales populares” en el año 2016. En la tabla 4.1 se presentan las características y descripción de todos los sujetos analizados.

Peleador	Características	
	Peso kg	Experiencia
Peleador 1	60	1 año
Peleador 2	68	6 meses
Peleador 3	44	2 años
Peleador 4	68.5	5 años
Peleador 5	63	1 año

Tabla 4.1. Sujetos analizados para los golpes ganchos

Peleador	Características	
	Peso kg	Experiencia
Peleador 1	60	1 año
Peleador 2	63	1 año
Peleador 3	68.5	5 años
Peleador 4	44	2 años
Peleador 5	68	6 meses

Tabla 4.2. Sujetos analizados para los golpes rectos

Capítulo 5. Resultados

En este apartado se muestra cual es el comportamiento de la cinemática de los golpes realizados durante las pruebas, así como los valores de fuerza de golpeo alcanzados por cada uno de los participantes. (Ver cuadro 5.1 y 5.2)

El factor fuerza de golpeo [Ff] es el resultado del cociente de la fuerza generada por el golpe y el peso del peleador, dando como resultado un número adimensional.

$$Ff = \frac{\text{fuerza de golpeo}}{\text{peso}} \quad (5.1)$$

Peleador	Gancho 1	Gancho 2	Gancho 3	Gancho 4	Gancho 5	Prom. Ff
Peleador 1 (63 k)	130.473	88.29	104.967	106.929	95.157	1.7524
Peleador 2 (66 k)	88.29	112.302	98.1	93.195	115.758	1.4937
Peleador 3 (44 k)	99.081	91.233	86.328	93.195	79.195	2.0422
Peleador 4 (68.5 k)	141.264	151.074	145.188	184.428	149.112	2.2348
Peleador 5 (68 k)	77.499	103.005	95.157	92.214	111.834	1.5228

Cuadro 5.1. Valor de fuerza de golpeo para los ganchos y Ff.

- Todas las unidades dadas en Newtons excepto Ff.

Peleador	Recto 1	Recto 2	Recto 3	Recto 4	Recto 5	Prom. Ff
Peleador 1 (63 k)	150.093	154.017	165.789	162.846	127.53	2.53425
Peleador 2 (66 k)	112.815	145.188	105.948	145.188	133.416	2.039857
Peleador 3 (68.5 k)	166.77	154.998	157.941	158.922	183.447	2.417876
Peleador 4 (44 k)	107.91	96.138	125.568	122.625	94.176	2.483714
Peleador 5 (68 k)	121.644	125.568	159.903	164.808	163.827	2.163971

Cuadro 5.2 .Valor de fuerza de golpeo para los rectos y Ff.

- Todas las unidades dadas en Newtons excepto Ff.

5.1 Resultados de ganchos

5.1.1 Resultados del peleador 4 (ejemplo)

<i>Golpe 1</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
<p>Pealador 4 Golpe 1</p> <p>Ángulos (Grados)</p> <p>180</p> <p>160</p> <p>140</p> <p>120</p> <p>100</p> <p>20 40 60 80 100 ciclo</p> <p>141.264 [N]</p>	143.006	138.353°	141.264	37.342	2.208

Cuadro 5.3. Datos obtenidos del golpe 1

<i>Golpe 2</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
<p>Pealador 4 Golpe 2</p> <p>Ángulos (Grados)</p> <p>95</p> <p>90</p> <p>85</p> <p>80</p> <p>75</p> <p>70</p> <p>65</p> <p>20 40 60 80 100 ciclo</p> <p>151.074 [N]</p>	64.561	97.960	151.074	61.916	2.106

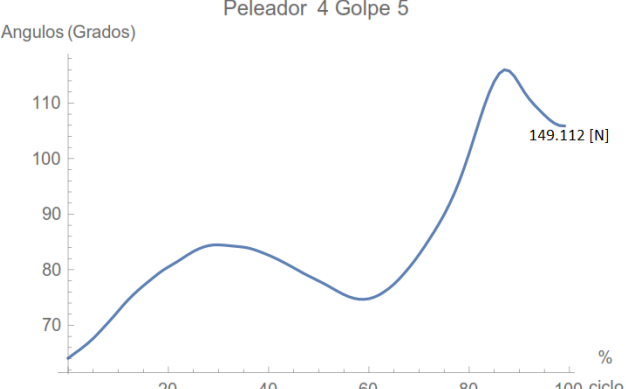
Cuadro 5.4. Datos obtenidos del golpe 2

<i>Golpe 3</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	73.417	97.304	145.188	66.28	2.119

Cuadro 5.5. Datos obtenidos del golpe 3

<i>Golpe 4</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	78.770	104.516	184.428	28.301	2.692

Cuadro 5.6. Datos obtenidos del golpe 4

<i>Golpe 5</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	64.071	116.006	149.112	32.191	2.177

Cuadro 5.7. Datos obtenidos del golpe 5

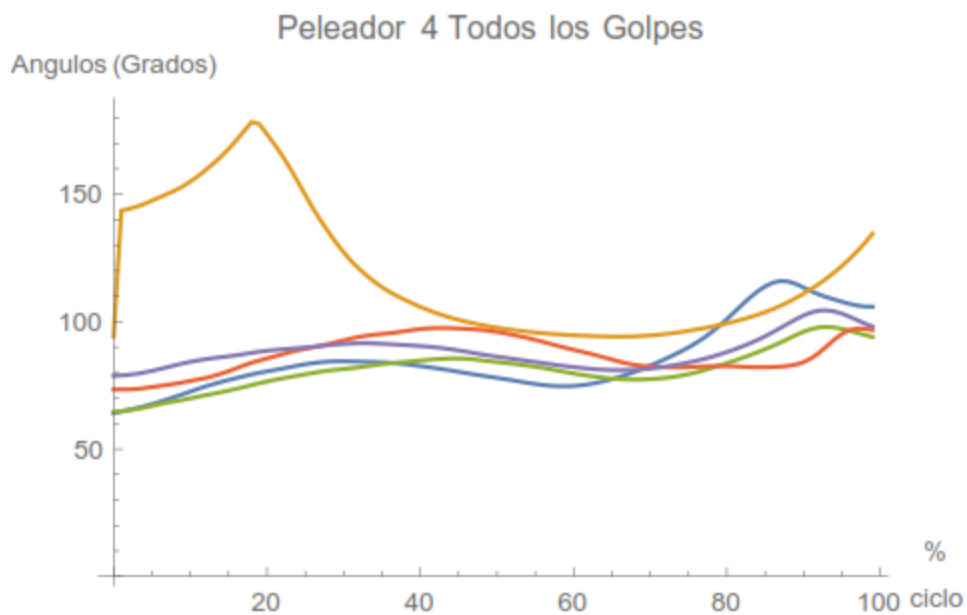


Figura 5. ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.

En la figura 5.1 se presenta la variación del ángulo β en cada uno de los golpes, así mismo, se puede analizar la técnica de golpeo del peleador 4. Se observa que 4 de ganchos llegan a su ángulo máximo entre el 80 y 90 % del ciclo del golpeo, esto quiere decir que la técnica de este peleador es buena, ya que impacta al objetivo con la máxima fuerza, es evidente que uno de los golpes no sigue el comportamiento de los demás, por lo tanto no se puede analizar como representativo de la técnica para el peleador.

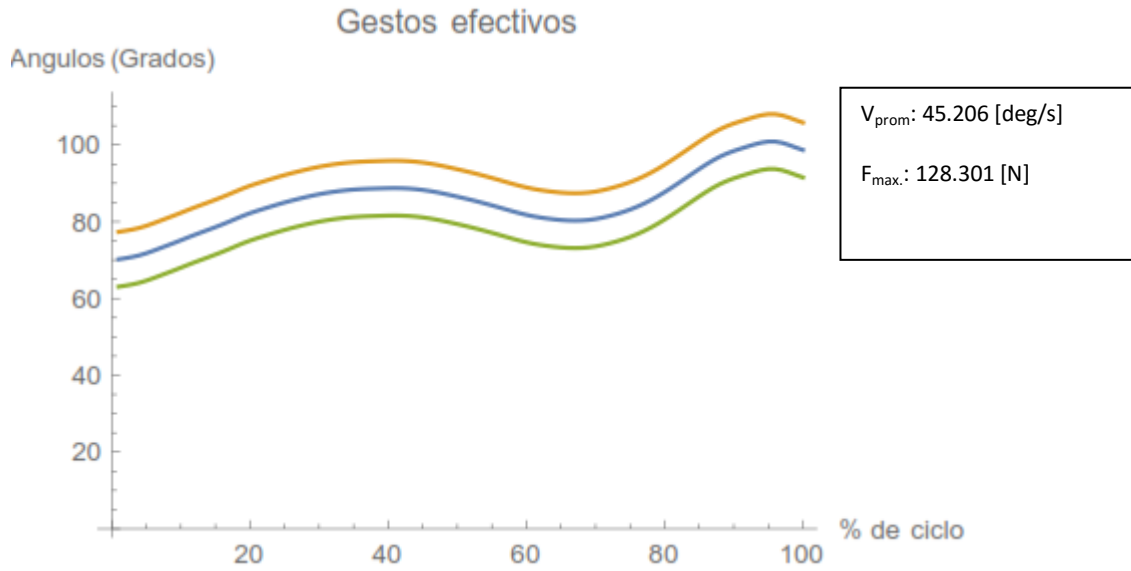


Figura 5.2.Gesto de los 4 golpes efectivos.

En la figura 5.2 se presenta el promedio y desviación estándar de los golpes efectivos del peleador 4, el hecho que la desviación estándar permanezca constante durante sus movimientos quiere decir que la variación entre golpes es mínima, obteniendo una velocidad promedio de 45.206 [deg/s] y una fuerza de golpeo promedio de 157.4505 [N].

5.1.2 Resultados del peleador 2 (contra ejemplo)

<i>Golpe 1</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	152.340	133.751	88.29	25.604	1.298

Cuadro 5.8. Datos obtenidos del golpe 1

<i>Golpe 2</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	168.669	179.954	112.30	26.122	2.049

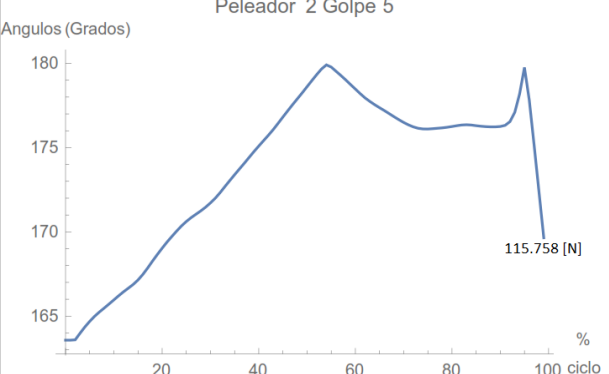
Cuadro 5.9. Datos obtenidos del golpe 2

<i>Golpe 3</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	177.394°	179.933	98.1	36.254	1.447

Cuadro 5.10. Datos obtenidos del golpe 3

<i>Golpe 4</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	152.340	133.751	93.195	40.426	1.370

Cuadro 5.11. Datos obtenidos del golpe 4

Golpe 5	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	163.572	179.966	115.758	25.414	1.720

Cuadro 5.12. Datos obtenidos del golpe 5

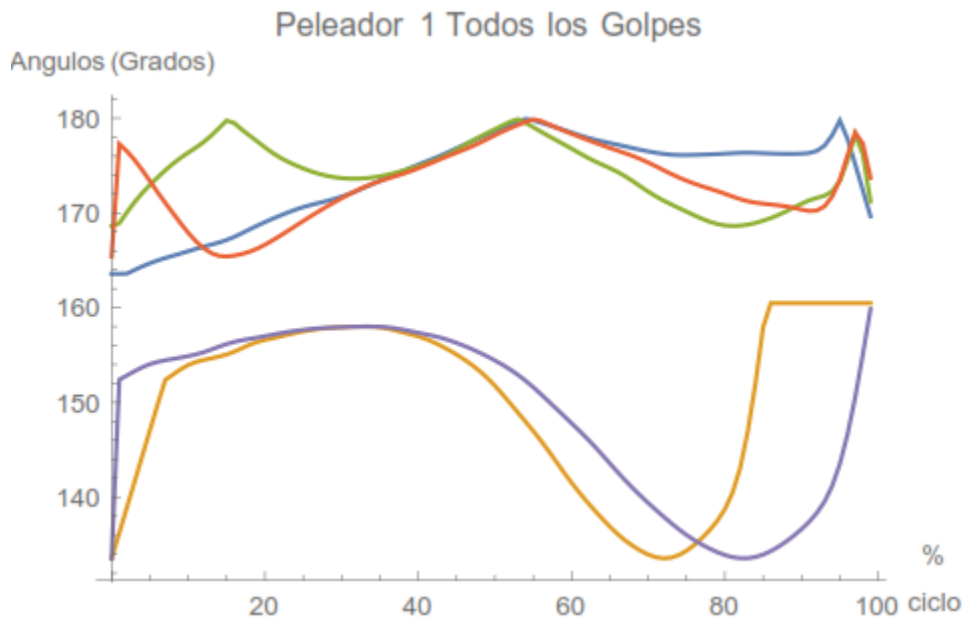


Figura 5.3. Representación de los golpes del peleador 2

En la figura 5.3 se presenta la variación del ángulo β , así mismo, se puede analizar la técnica de golpeo del peleador 2. Se observa que durante el ciclo de golpeo se presentan varios máximos en el ángulo, es decir, β no tiene un comportamiento uniforme. Es evidente que los gestos no presentan similitudes entre sí.

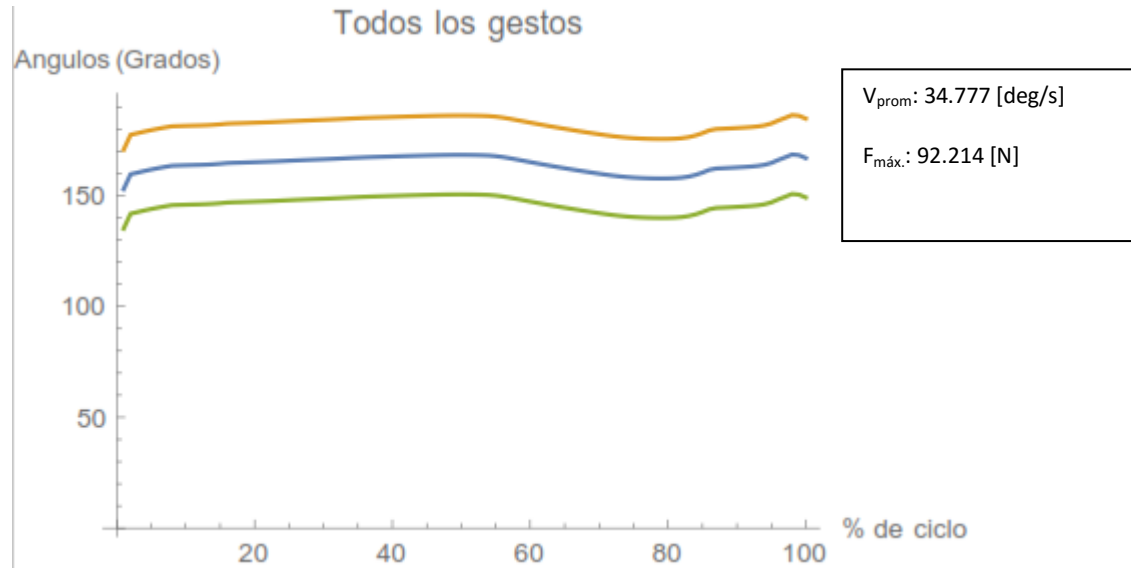


Figura 5.4. Gesto de los 5 golpes.

En la figura 5.4 se presenta el promedio y desviación estándar de los golpes efectivos del peleador 2, el hecho que la desviación estándar permanezca constante durante sus movimientos en este caso quiere decir que la variación entre golpes es grande para todas las pruebas, obteniendo una velocidad promedio de 34.777 [deg/s] y una fuerza de golpeo promedio de 92.214 [N].

5.1.3 Discusión de resultados (ganchos)

La variación de los ángulos, fuerza de golpeo y velocidades, está relacionada directamente con el gesto deportivo de los sujetos en estudio. En las figuras 5.2 y 5.4 se observa que la técnica para cada uno de los peleadores se mantiene constante, pero es la variación del ángulo β el que marca la diferencia en los resultados obtenidos.

Para el peleador 4 podemos observar que sus ángulos β van de 97° - 138° , llegando a su valor máximo al final del ciclo de golpeo, esto quiere decir que impacta a su objetivo con la mayor fuerza posible, teniendo un valor máximo de fuerza de 184.128 [N]. Según la técnica de boxeo, el gancho debe impactar a 90° (o cercano a esto), esta condición es difícil de lograr ya que el objetivo en ningún momento es estático. Se observa que para el golpe No. 4 se tiene la mayor fuerza de golpeo, validando lo dicho por el autor en *Dinámica de las partículas y sistemas*. [14] "Un boxeador con un debido entrenamiento sabe por experiencia que sus golpes adquieren mayor energía si, durante la trayectoria del golpe, se giran un poco la cadera y los hombros desde detrás hacia delante de forma que se impulse al puño, este leve giro del cuerpo aporta al golpe una energía complementaria, que se conoce como "Energía Cinética Rotacional". Se aprecia que el sujeto está golpeando apoyándose de las demás partes del cuerpo, ver figura 5.5.

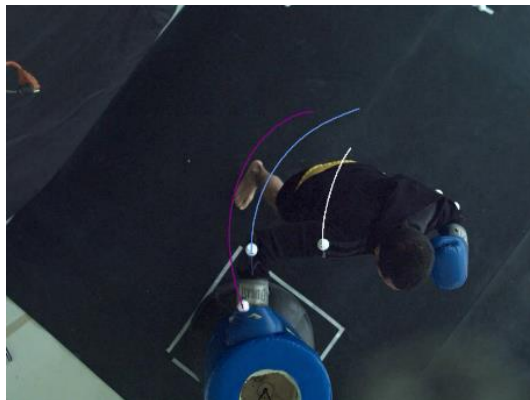


Figura 5.5. Técnica de gancho

Para el peleador 2 se observa que el ángulo β es excesivamente grande variando entre 133° - 179° y presentando varios picos durante su trayectoria, ver figura 5.3, lo que para la técnica del gancho es completamente errónea. Se observa que el peleador no está impactando con el puño, sino con la parte interior del guante, teniendo un valor máximo de fuerza de 91.233[N] . En tanto a la rotación del cuerpo a la hora del movimiento hay que señalar que el peleador gira completamente los hombros antes de girar el puño lo que se refleja en una mala técnica y con esto una disminución en la fuerza de golpeo. Ver figura 5.6.

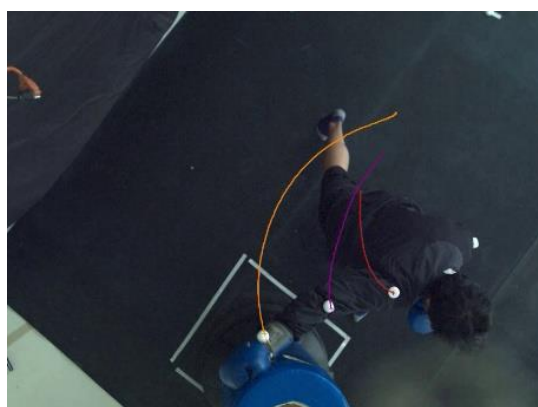


Figura 5.6. Técnica errónea de gancho.

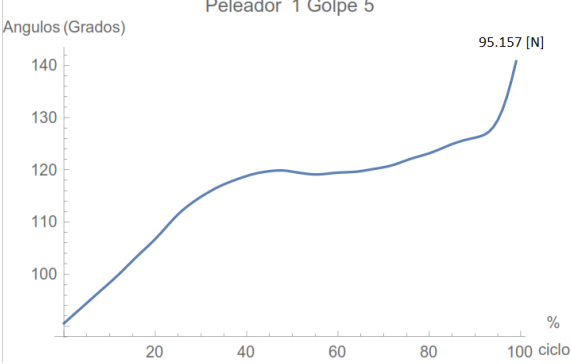
5.1.4 Otros resultados

<i>Golpe 3</i>	Ángulo α [°]	Ángulo B [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
<p>Peleador 1 Golpe 3</p>	63.985	121.259	104.967	25.293	1.749

Cuadro 5.13. Datos obtenidos del golpe 3

<i>Golpe 4</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
<p>Peleador 1 Golpe 4</p>	89.675	127.249	106.929	23.519	1.782

Cuadro 5.14. Datos obtenidos del golpe 4

<i>Golpe 5</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	90.572	131.967	95.157	23.809	1.586

Cuadro 5.15. Datos obtenidos del golpe 5



Figura 5.7. Comportamiento del ángulo en los golpes del peleador 1.

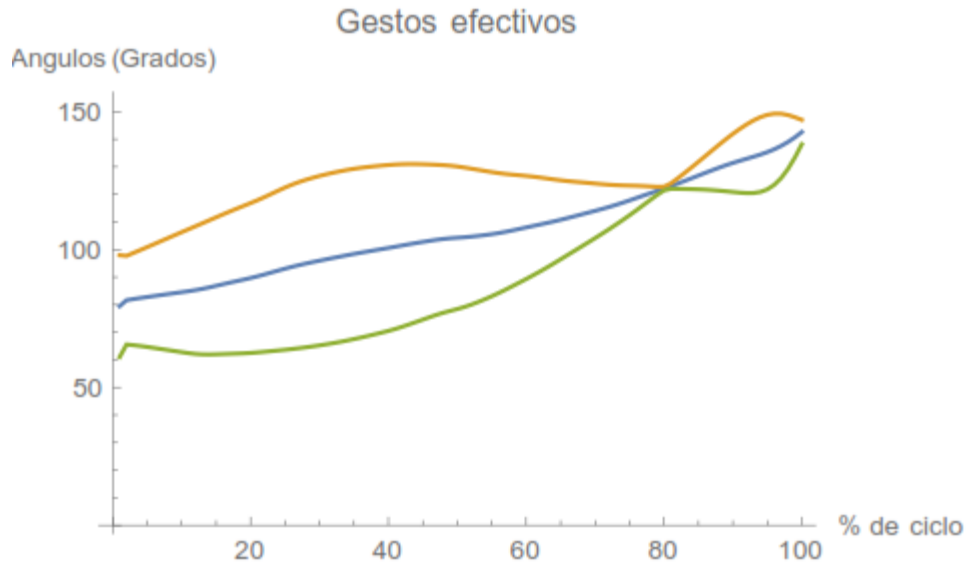


Figura 5.8. Gesto de los golpes efectivos del peleador 1

<i>Golpe 2</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	96.075	123.266	103.005	41.769	1.635

Cuadro 5.13. Datos obtenidos del golpe 2

<i>Golpe 3</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	88.851	142.741	95.157	40.73	1.510

Cuadro 5.14. Datos obtenidos del golpe 3

<i>Golpe 4</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	68.041	132.681	92.214	22.182	1.464

Cuadro 5.15. Datos obtenidos del golpe 4

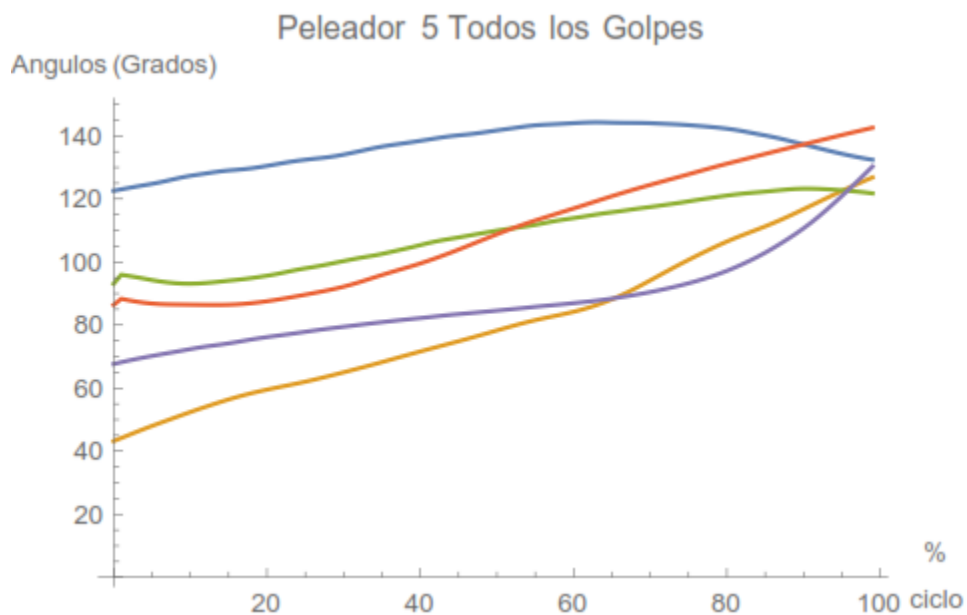


Figura 5.9. Comportamiento del ángulo en los golpes del peleador 5.

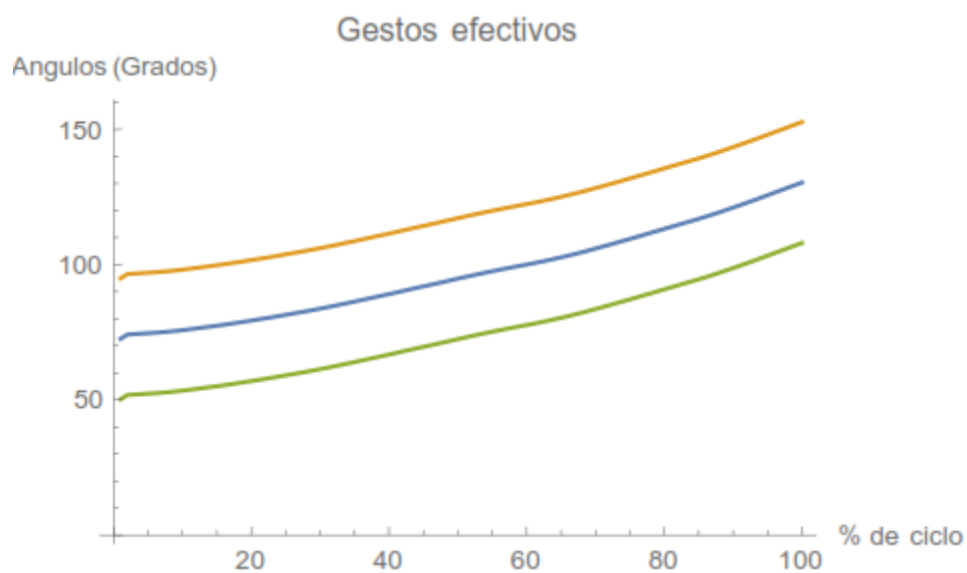


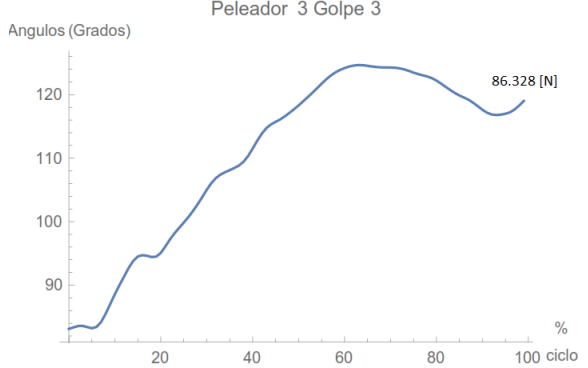
Figura 5.10. Gesto de los golpes efectivos del peleador 5

<i>Golpe 1</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
<p>Peleador 3 Golpe 1</p> <p>Angulos (Grados)</p> <p>140 120 100 80 60 40 20</p> <p>99.081 [N]</p> <p>20 40 60 80 100 ciclo</p>	65.249	135.897	99.081	35.549	2.252

Cuadro 5.16. Datos obtenidos del golpe 1

<i>Golpe 2</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
<p>Peleador 3 Golpe 2</p> <p>Angulos (Grados)</p> <p>120 100 80 60 40 20</p> <p>91.233 [N]</p> <p>20 40 60 80 100 ciclo</p>	58.929	124.144	91.233	33.389	2.073

Cuadro 5.17. Datos obtenidos del golpe 2

<i>Golpe 3</i>	Ángulo α [°]	Ángulo β [°]	Fuerza de golpeo [N]	Vel. Max [deg/s]	Ff
	83.121	124.662	86.328	35.394	1.962

Cuadro 5.18. Datos obtenidos del golpe 3

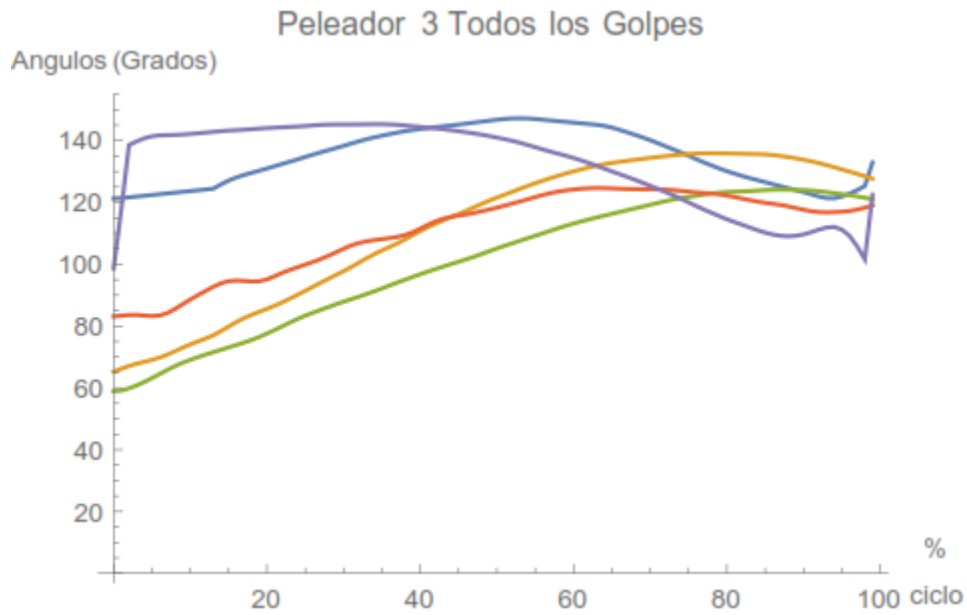


Figura 5.11. Comportamiento del ángulo en los golpes del peleador 3.

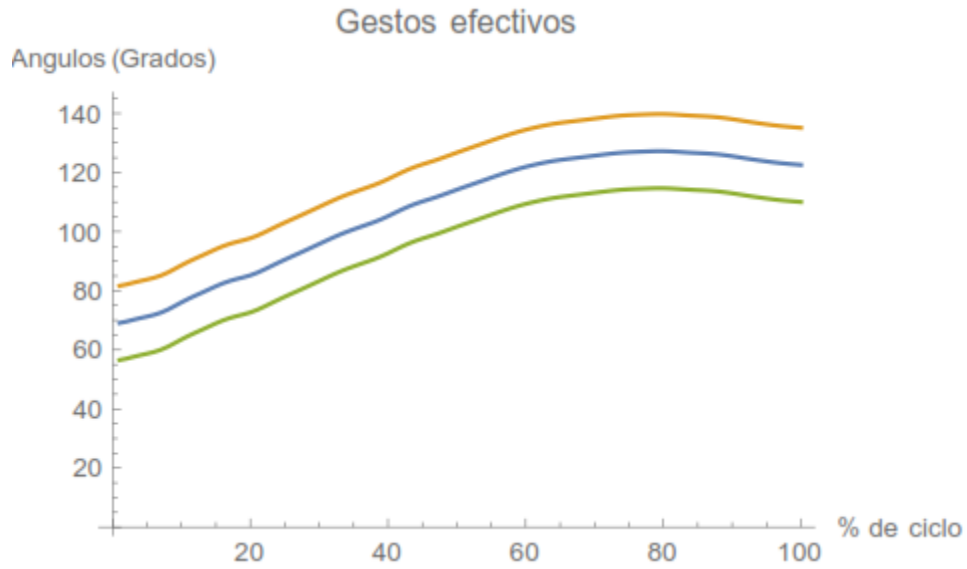


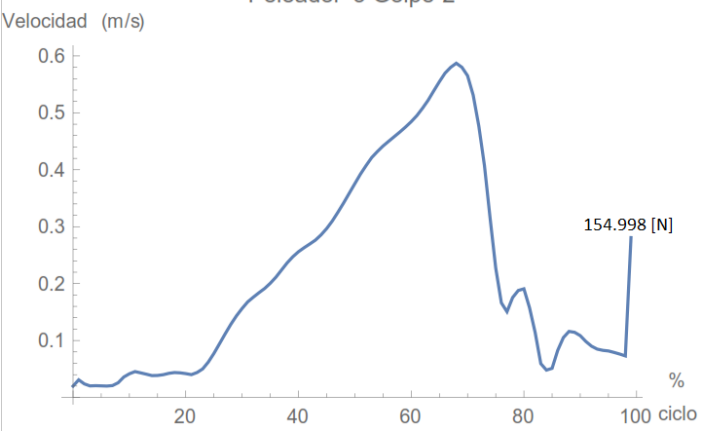
Figura 5.12. Gesto deportivo de los golpes efectivos del peleador 3.

5.2 Resultados de golpes rectos

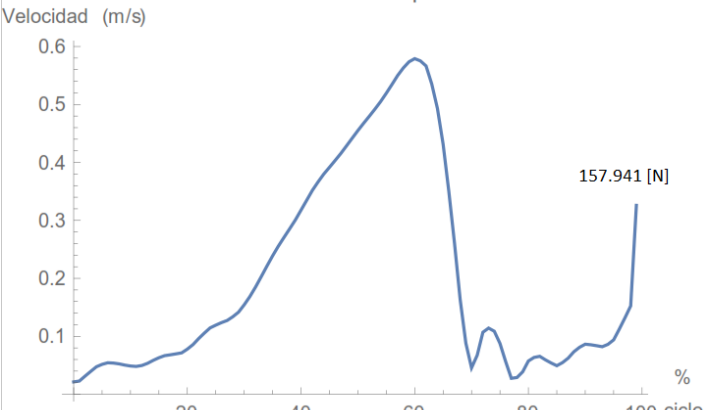
5.2.1 Resultados de peleador 3 (ejemplo)

<i>Golpe 1</i>	<i>Fuerza de golpeo [N]</i>	<i>Velocidad máx. [m/s]</i>	Ff
<p>Peleador 3 Golpe 1</p>	166.77	0.55756633	2.4525

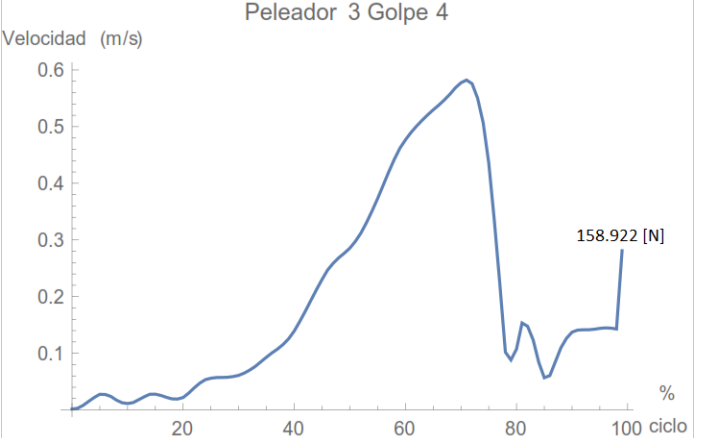
Cuadro 5.19. Datos obtenidos del golpe 1

Golpe 2	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
 <p>Peleador 3 Golpe 2</p> <p>Velocidad (m/s)</p> <p>154.998 [N]</p> <p>% ciclo</p>	154.998	0.5876428	2.279382

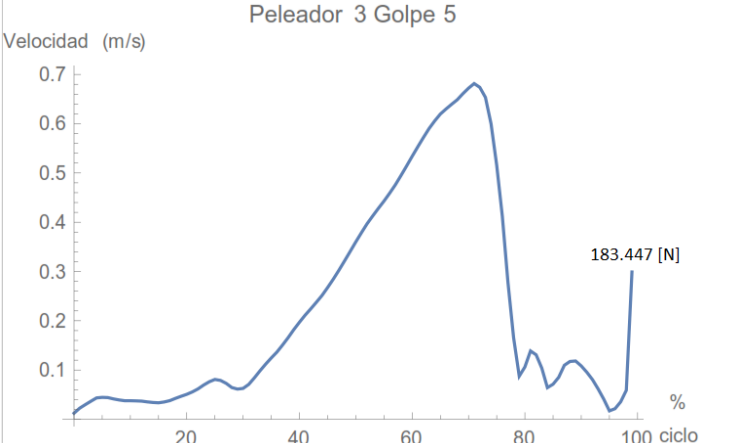
Cuadro 5.20. Datos obtenidos del golpe 2

Golpe 3	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
 <p>Peleador 3 Golpe 3</p> <p>Velocidad (m/s)</p> <p>157.941 [N]</p> <p>% ciclo</p>	157.941	0.5808316	2.322662

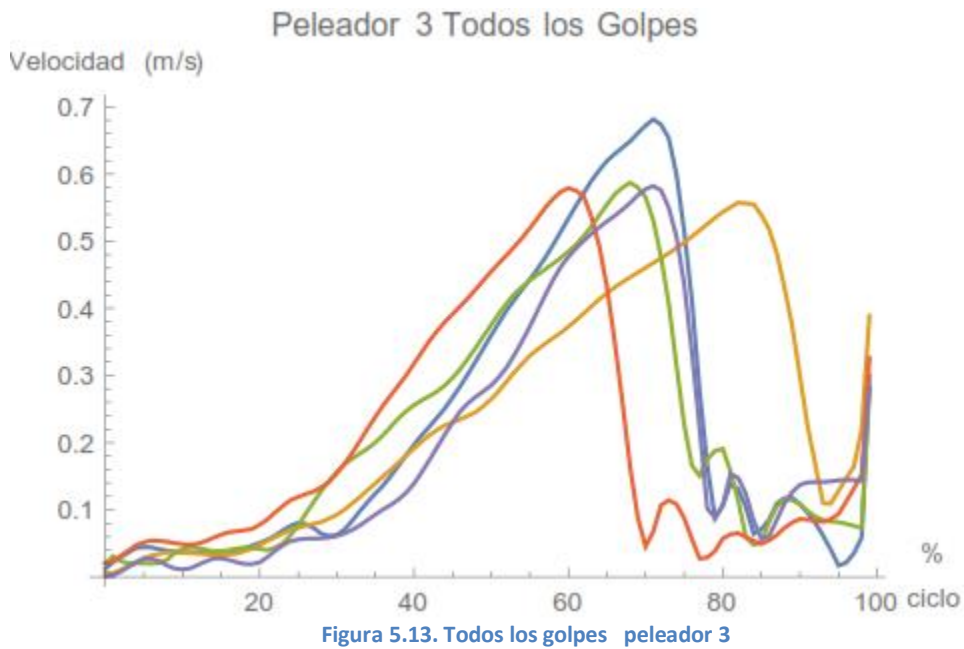
Cuadro 5.21. Datos obtenidos del golpe 3

<i>Golpe 4</i>	<i>Fuerza de golpeo [N]</i>	<i>Velocidad máx. [m/s]</i>	<i>Ff</i>
	158.922	0.583469388	2.337088

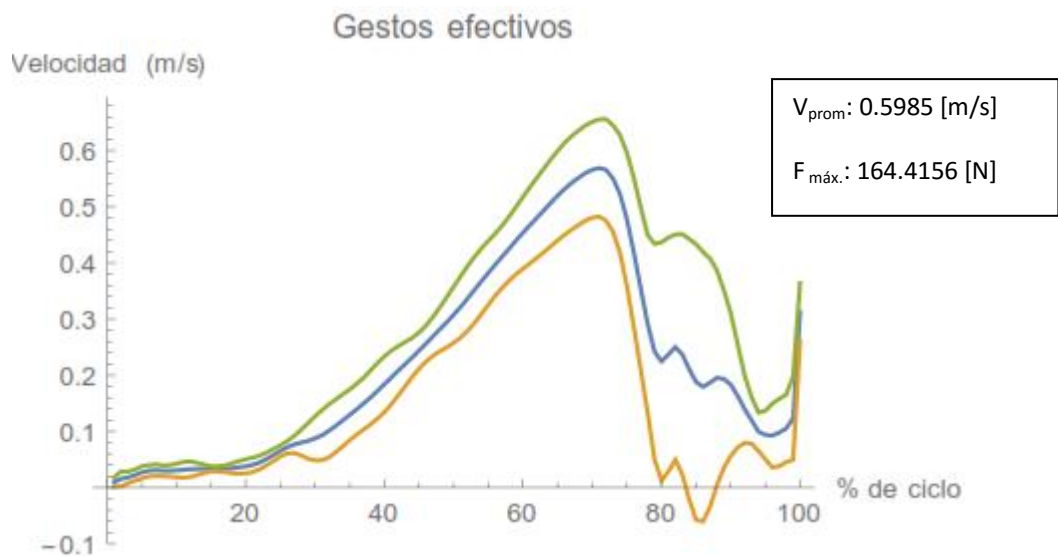
Cuadro 5.22. Datos obtenidos del golpe 4

<i>Golpe 5</i>	<i>Fuerza de golpeo [N]</i>	<i>Velocidad máx. [m/s]</i>	<i>Ff</i>
	183.447	0.683377551	2.69775

Cuadro 5.23. Datos obtenidos del golpe 5

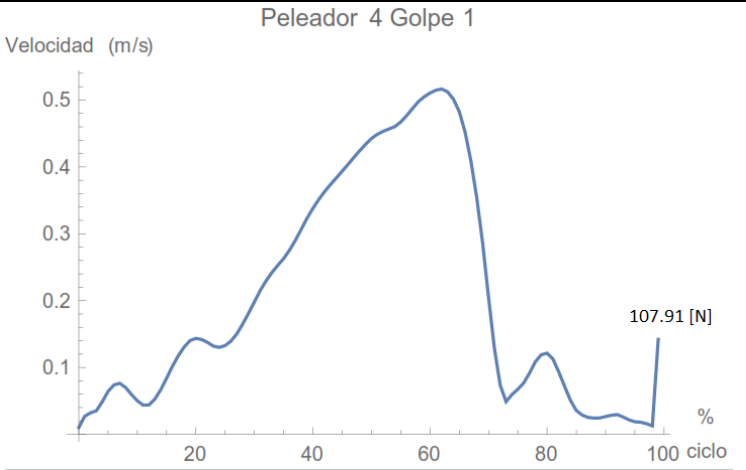


En la figura 5.13 Se presenta el comportamiento de la velocidad para cada uno de los golpes, 4 de estos alcanzan su velocidad máxima después del 65% de ciclo, esto quiere decir que el puño impacta a su objetivo cuando el brazo tiene un mayor amplitud, obteniendo un valor de fuerza máxima de 183.447[N], lo que refleja una buena técnica de golpeo, descartándose uno por tener un comportamiento diferente durante el ciclo de golpeo.

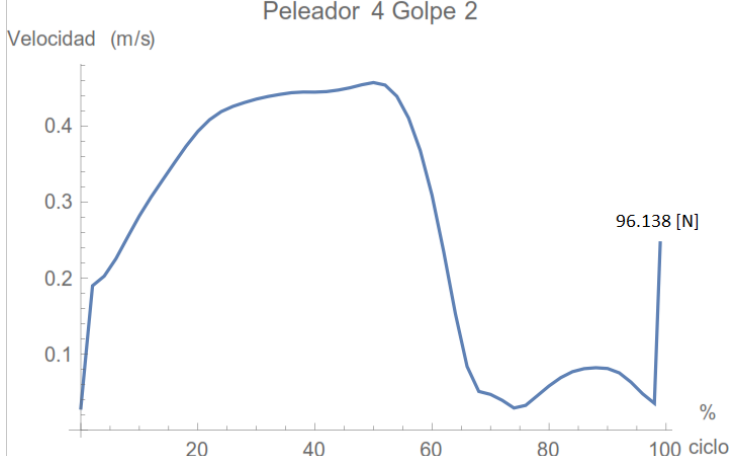


En la figura 5.14 se presenta el promedio y desviación estándar de los golpes efectivos del peleador 5, el hecho que la desviación estándar permanezca constante hasta el pico máximo de velocidad quiere decir que la variación entre golpes es mínima, obteniendo una velocidad promedio de 45.206 [deg/s] y una fuerza de golpeo promedio de 157.4505 [N], lo que se traduce a que el peleador tiene una técnica de golpeo bien desarrollada.

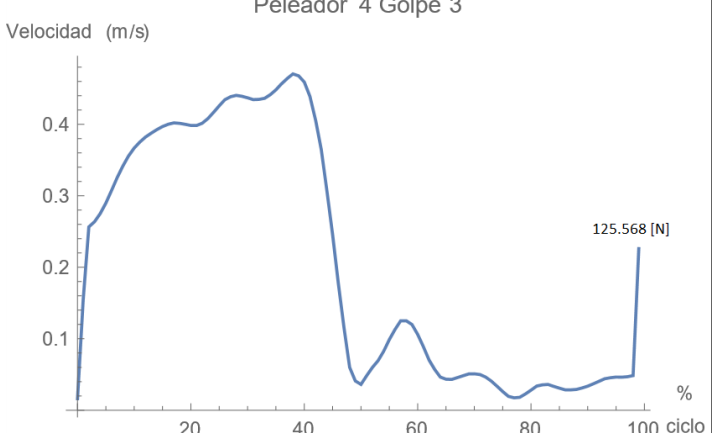
5.2.2 Resultados del peleador 4(contra ejemplo)

Golpe 1	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. m/s]	Ff
	107.91	0.51685714	2.4525

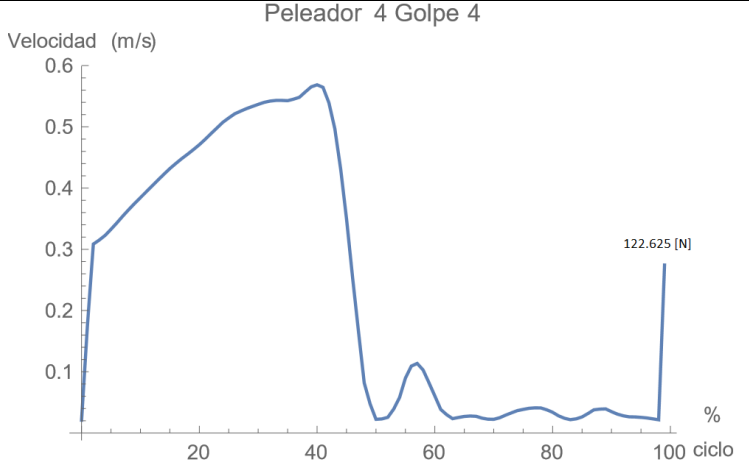
Cuadro 5.24. Datos obtenidos del golpe 1

Golpe 2	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	96.138	0.45732653	2.184955

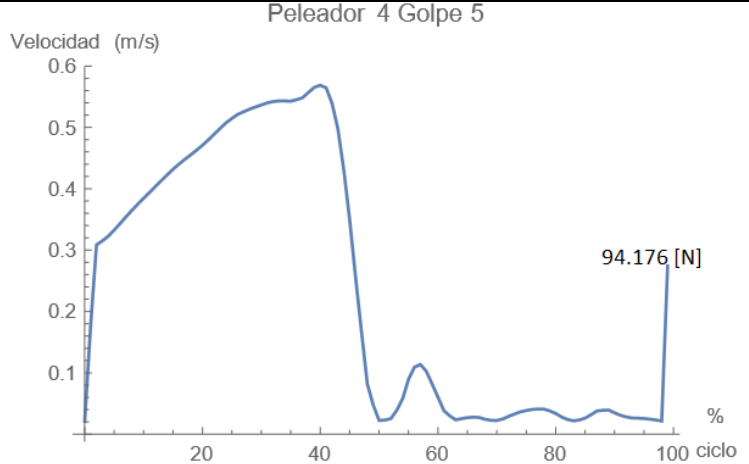
Cuadro 5.25. Datos obtenidos del golpe 2

Golpe 3	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	125.568	0.47066837	2.853818

Cuadro 5.26. Datos obtenidos del golpe 3

Golpe 4	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	122.625	0.57117347	2.786932

Cuadro 5.27. Datos obtenidos del golpe 4

Golpe 5	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	94.176	0.57117347	2.140364

Cuadro 5.28. Datos obtenidos del golpe 5

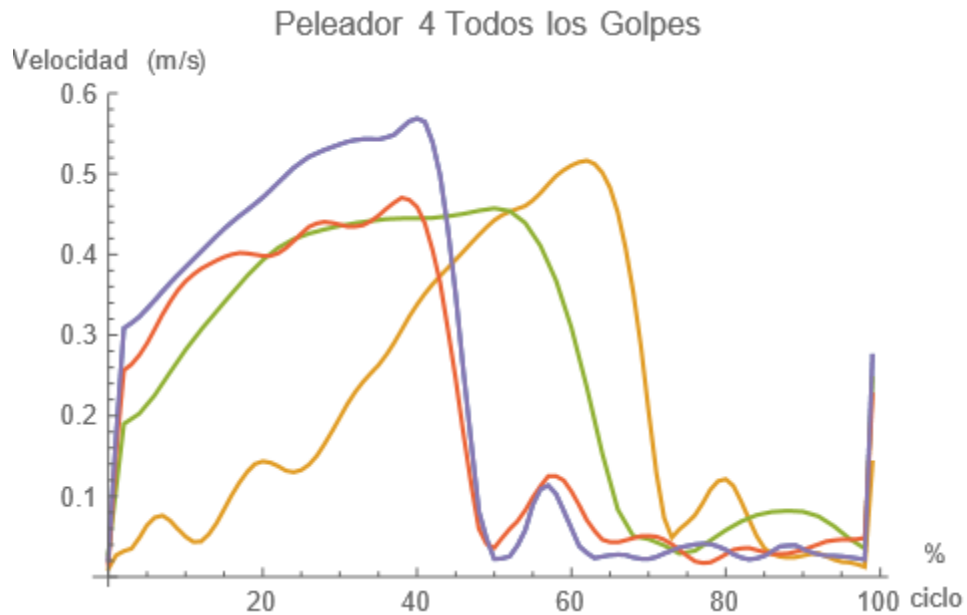


Figura 5.15. Todos los golpes peleador 4

En la figura 5.15 Se observa el comportamiento de la velocidad para cada uno de los golpes, 1 de estos alcanza su velocidad máxima después del 65% de ciclo por esta razón este representa al gesto deportivo, al contrario de los 4 restantes donde su velocidad máxima está antes del 50% del ciclo de golpeo, lo que quiere decir que al momento del impacto, el golpe no lleva la mayor fuerza alcanzando una máxima de 94.176 [N].

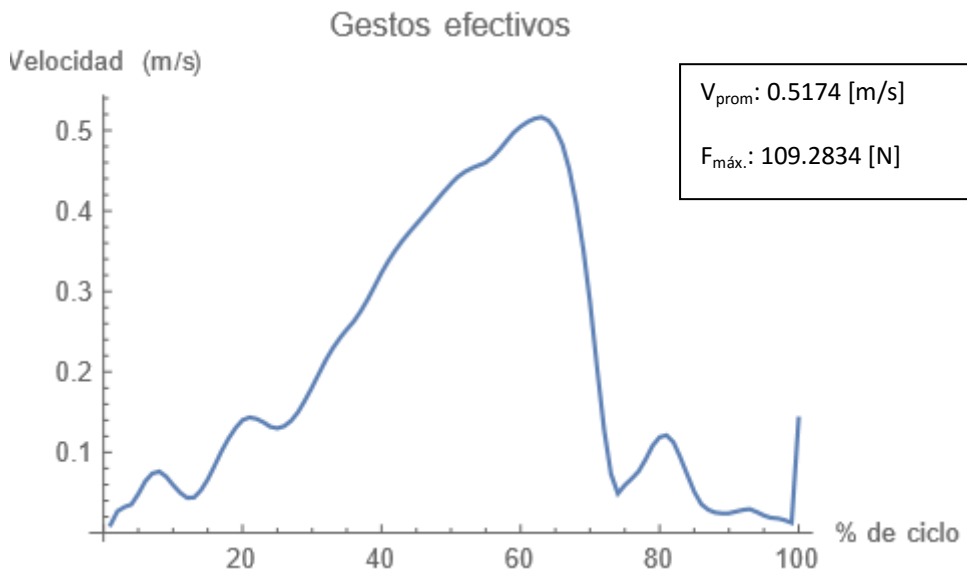


Figura 5.16. Gesto de los 5 golpes.

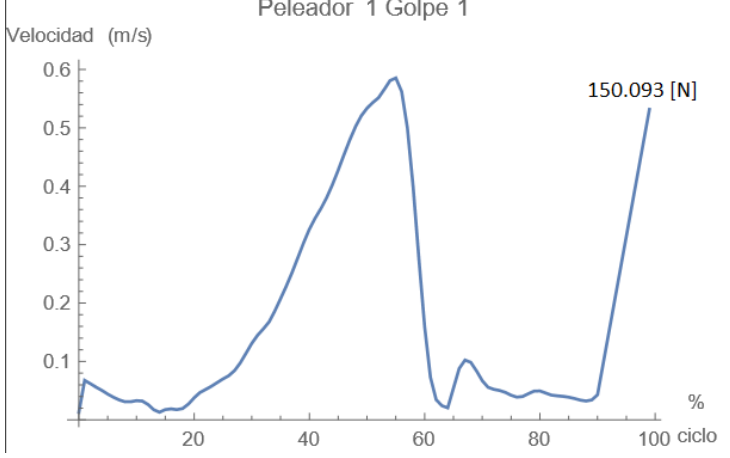
Figura 5.16. Al tener únicamente un golpe efectivo no se puede considerar como un gesto representativo para un peleador.

5.2.3 Discusión de resultados (rectos)

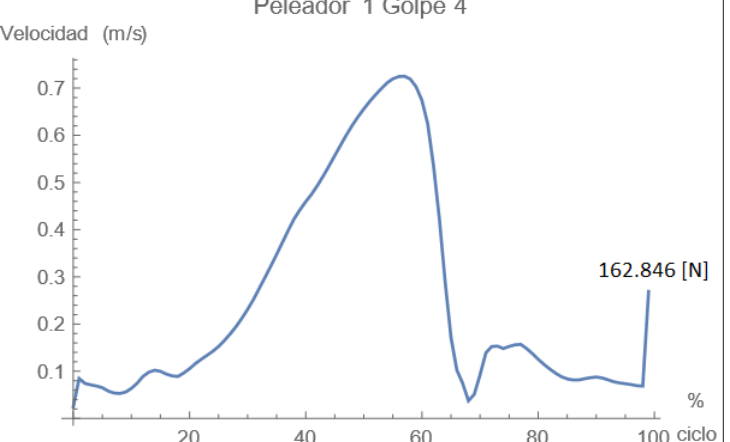
La variación de fuerza de golpeo y velocidades, están relacionadas directamente con el gesto deportivo de los sujetos en estudio. En las figuras 5.14 y 5.16 se observa que la técnica para cada uno de los peleadores se mantiene constante, pero es la variación de la velocidad la que marca la diferencia en los resultados de fuerza de golpeo obtenidos.

Para el peleador 3 se tiene una velocidad máxima de 0.6833775 m/s, obteniendo con ésta una fuerza de golpeo de 183.447 [N], mientras que el peleador 4 genera una fuerza de golpeo de 122.625 [N] con una velocidad máxima de 0.57117347 m/s. Con base en la segunda ley de Newton y tomando en cuenta los resultados obtenidos, se afirma que a mayor velocidad mayor será el valor de fuerza alcanzado durante el golpe, siendo esta directamente proporcional a la derivada de la velocidad respecto al tiempo (dv/dt), cabe mencionar que para alcanzar una mayor fuerza a la hora del golpe, es necesario que se genera una rotación en la cadera y hombros de manera que la energía cinética rotacional aumente.

5.2.4 Otros resultados de golpes rectos

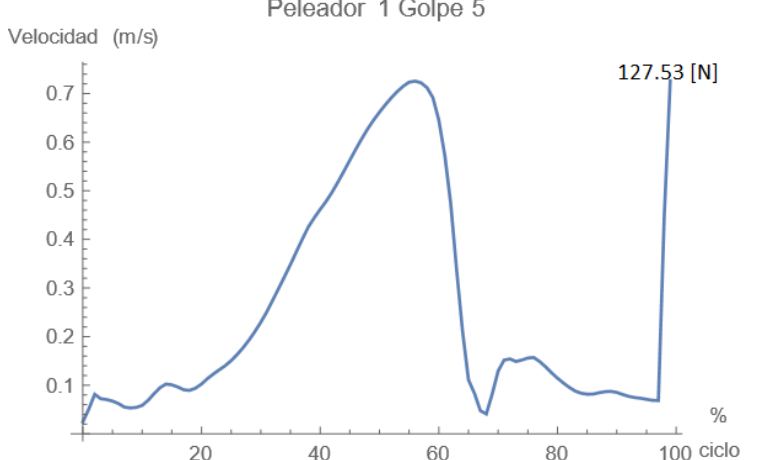
Golpe 1	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	150.093	0.586	2.50155

Cuadro 5.29. Datos obtenidos del golpe 1

Golpe 4	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	162.846	0.72627551	2.7141

Cuadro 5.29. Datos obtenidos del golpe 4

Capítulo 5. Resultados

Golpe 5	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	127.53	0.72627551	2.1255

Cuadro 5.30. Datos obtenidos del golpe 5

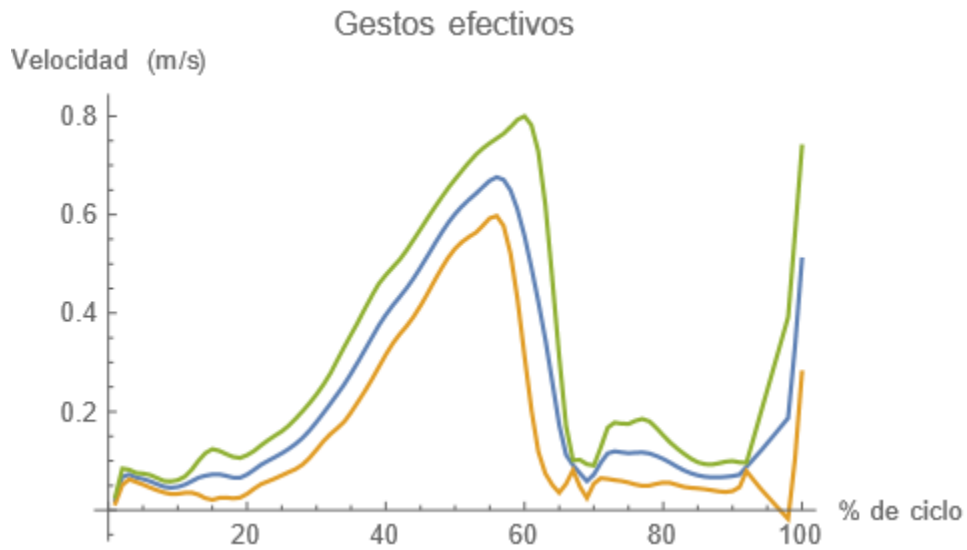


Figura 5.17. Gesto de los golpes del peleador 1

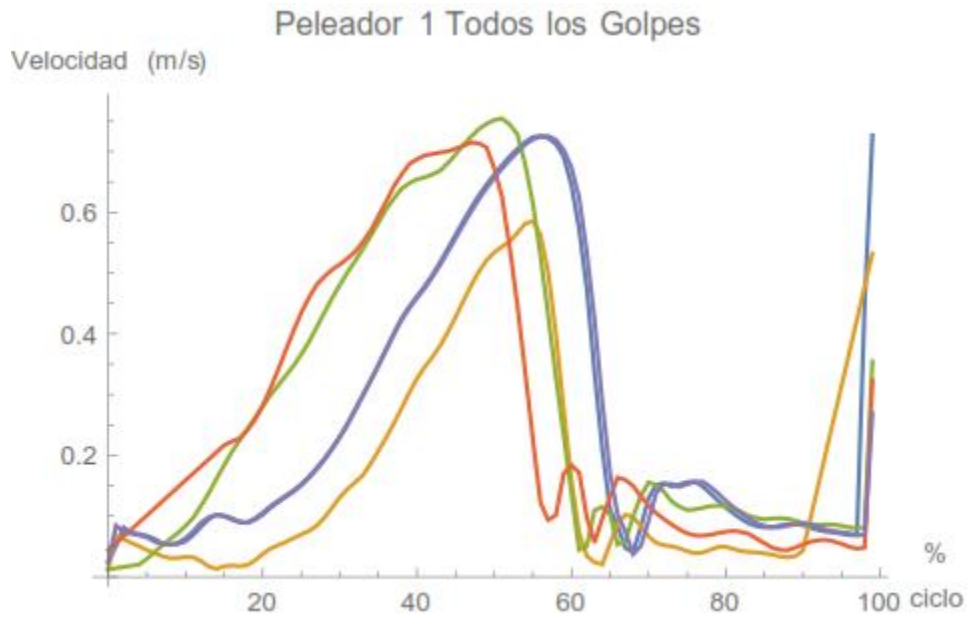
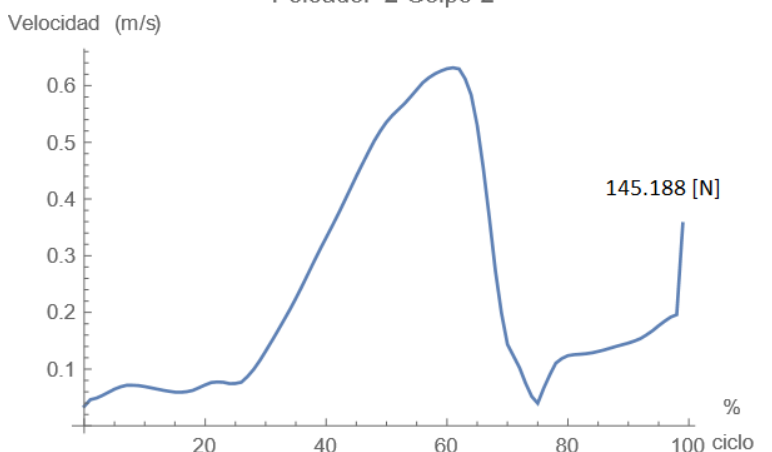


Figura 5.18. Todos los golpes peleador 1

Golpe 1	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
<p style="text-align: center;">Peleador 2 Golpe 1</p>	112.815	0.715	1.79071

Cuadro 5.31. Datos obtenidos del golpe 1

Golpe 2	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
<p style="text-align: center;">Peleador 2 Golpe 2</p> 	145.188	0.632	2.30457

Cuadro 5.32. Datos obtenidos del golpe 2

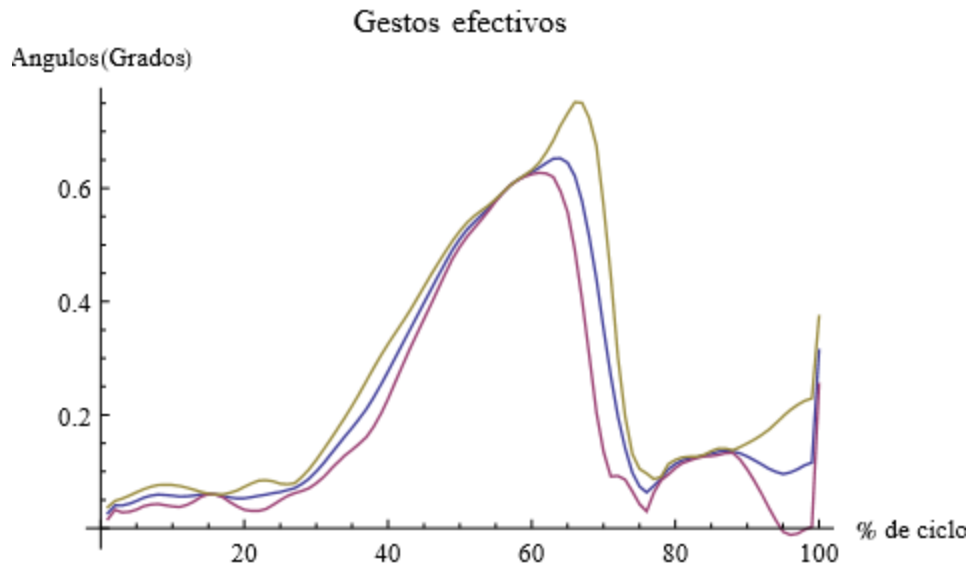


Figura 5.19. Gesto de los golpes efectivos del peleador 2

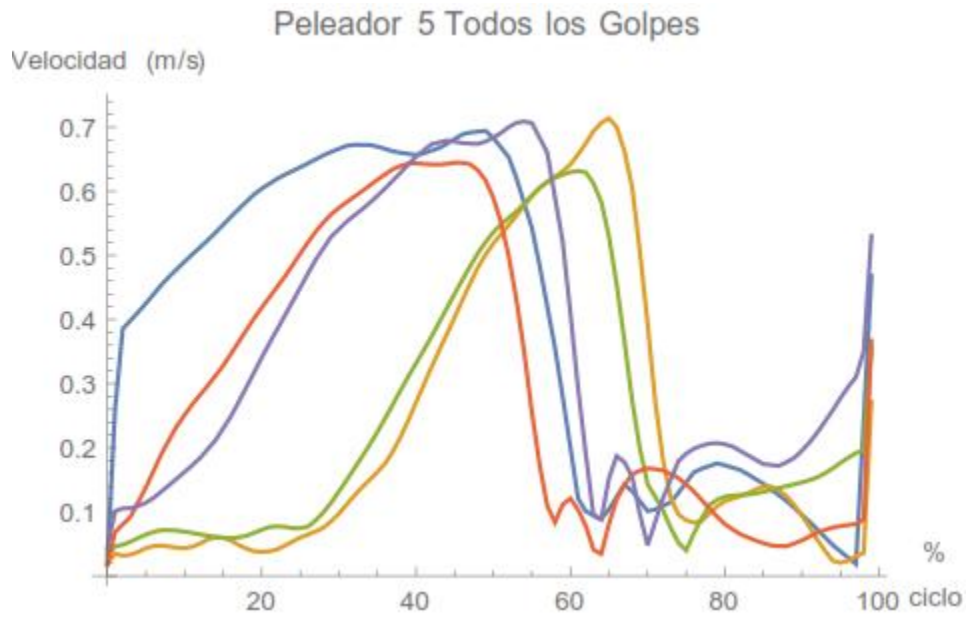
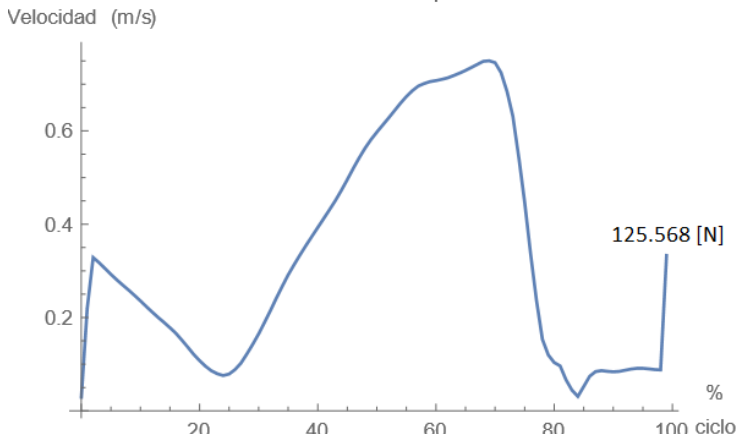


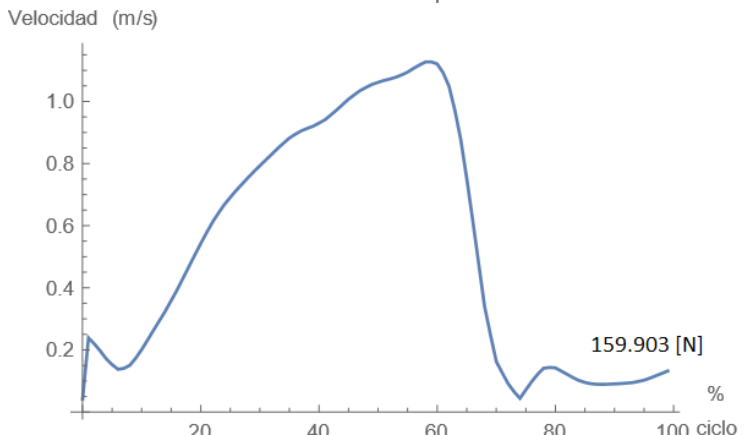
Figura 5.19. Todos los golpes peleador 2

<i>Golpe 1</i>	<i>Fuerza de golpeo [N]</i>	<i>Velocidad máx. [m/s]</i>	<i>F_f</i>
<p style="text-align: center;">Peleador 5 Golpe 1</p>	121.644	0.78085204	1.788882

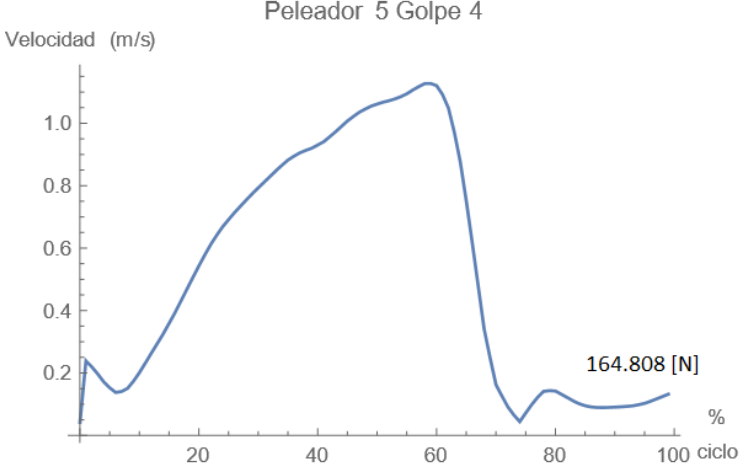
Cuadro 5.33. Datos obtenidos del golpe 1

<i>Golpe 2</i>	<i>Fuerza de golpeo [N]</i>	<i>Velocidad máx. [m/s]</i>	<i>Ff</i>
<p style="text-align: center;">Peleador 5 Golpe 2</p>  <p>Velocidad (m/s)</p> <p style="text-align: right;">125.568 [N]</p> <p style="text-align: right;">%</p> <p style="text-align: right;">100 ciclo</p>	125.568	0.7508265	1.84658

Cuadro 5.34. Datos obtenidos del golpe 2

<i>Golpe 3</i>	<i>Fuerza de golpeo [N]</i>	<i>Velocidad máx. [m/s]</i>	<i>Ff</i>
<p style="text-align: center;">Peleador 5 Golpe 3</p>  <p>Velocidad (m/s)</p> <p style="text-align: right;">159.903 [N]</p> <p style="text-align: right;">%</p> <p style="text-align: right;">100 ciclo</p>	159.903	1.3134694	2.351515

Cuadro 5.35. Datos obtenidos del golpe 3

Golpe 4	Fuerza de golpeo [N]	Velocidad máx. [m/s]	Ff
	164.808	1.1313469	2.423647

Cuadro 5.36. Datos obtenidos del golpe 4

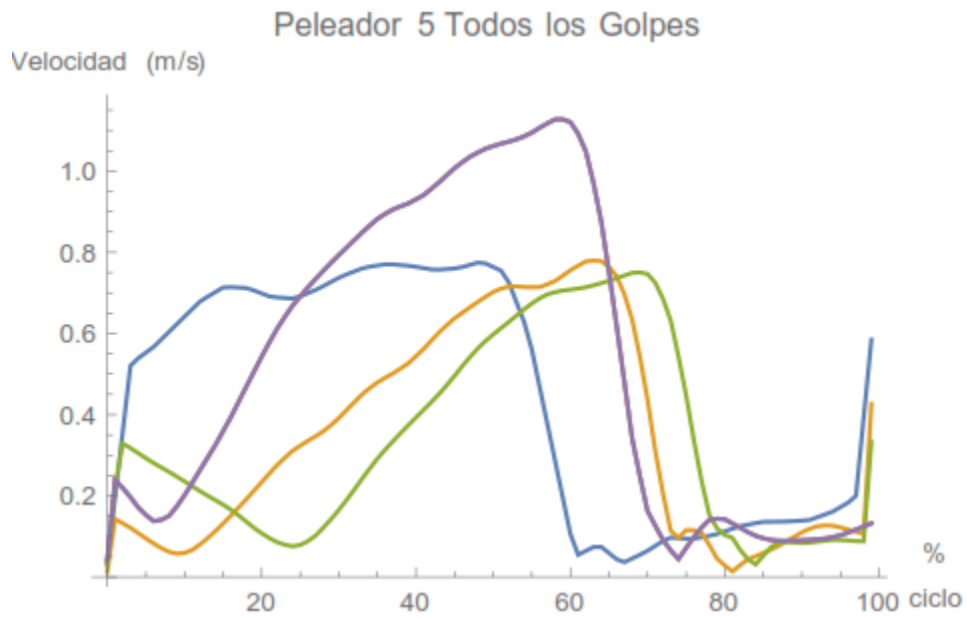


Figura 5.12. Todos los golpes peleador 5

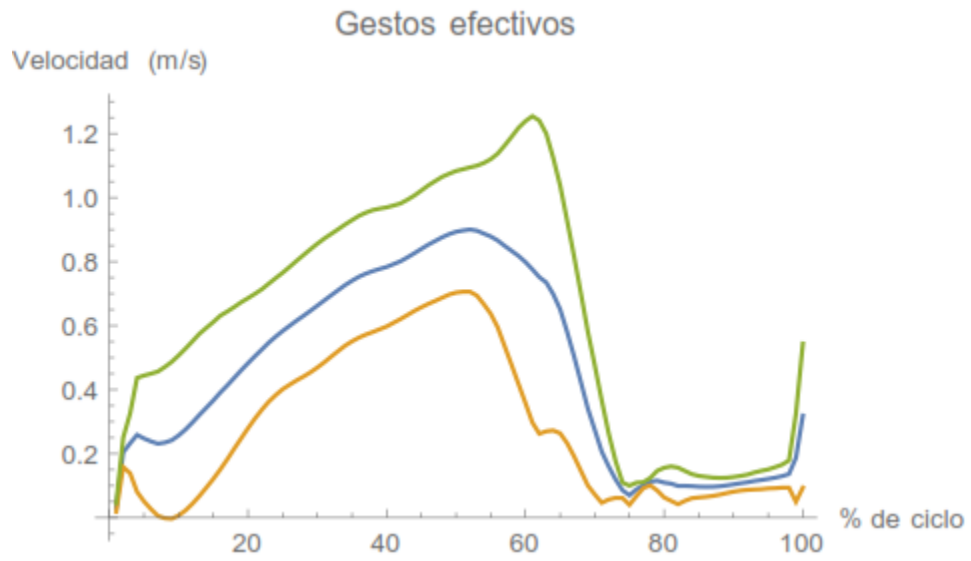


Figura 5.21. Gesto de los golpes efectivos del peleador 5

Conclusiones

A través de la realización de esta investigación se pudo instrumentar un aparato que respeta la biomecánica del gesto motor y permite la determinación de la fuerza del recto y del gancho en la práctica del pugilismo.

En el presente estudio fue posible obtener datos numéricos y gráficas que ayuden a cuantificar la fuerza de contacto y velocidades. Con los videos obtenidos es será posible determinar de manera visual las deficiencias que existan en las posturas a la hora de ejecutar un golpe. Este conjunto de datos aportan al entrenador una herramienta con la cual le será posible analizar el gesto deportivo del boxeador y de esta forma corregir y/o mejorar la técnica de golpeo con el objetivo de la optimización de las técnicas boxísticas.

Durante el desarrollo del trabajo, se lograron varios objetivos específicos que contribuyeron a lograr el objetivo general.

- Se logró instrumentar un sistema de fuerzas que proporcionó los datos numéricos de la fuerza de golpeo sin modificar el gesto deportivo.
- Se evaluó y seleccionaron los sensores útiles para instrumentar un aparato capaz de realizar la medición de fuerzas de impacto durante el golpe.
- Se implementó una metodología la cual explica paso a paso cuales fueron las operaciones que se llevaron a cabo para el análisis biomecánico.
- Se generó una herramienta gráfica la cual permite la evaluación del rendimiento del boxeador.

A través de esta investigación se aporta la obtención de parámetros numéricos tales como: el factor fuerza de golpeo, ángulos de inicio y fin de ciclo (para ganchos) y velocidad máxima de golpeo a los deportes de contacto, de esta manera el entrenador puede hacer uso de los valores mencionados en conjunto con las videograbaciones de los gestos deportivos de los boxeadores para hacer una evaluación del rendimiento obtenido durante las pruebas y así poder establecer las modificaciones pertinentes al entrenamiento de cada uno de los sujetos en análisis de manera personalizada.

SUGERENCIAS:

Para mejorar aún más los resultados obtenidos se recomienda utilizar celdas de carga dinámicas para instrumentar el aparato, así como diseñar y fabricar una estructura para poder fijar la cámara superior en las grabaciones para obtener ángulos más precisos.

BIBLIOGRAFÍA

1. EcuRed. *El boxeo en la historia*. Available from: http://www.ecured.cu/El_boxeo_en_la_historia. Ultima consulta 19/10/2106
2. Galán, F., *Boxeo*. 1998.
3. Irusta, C., *Boxeo: las mejores entrevistas*. El Gráfico, 2006.
4. *Comision Nacional de boxeo*. Available from: <http://www.wbcboxing.com/wbcesp/>. Ultima consulta 19/10/2106
5. *Asociacion Mundial de boxeo*. Available from: <http://www.wbanews.com/es/#.V2ieMLh97IU>. Ultima consulta 19/10/2106
6. *Equipo de boxeo Cleto Reyes*. Available from: <http://www.cletoreyes.com.mx/catalogo2010.pdf>. Ultima consulta 19/10/2106
7. J., A., *The BIOMIN Model in Biomechanical Analysis of Athletes. First International Congress on Sports Biomechanics. National Institute of Sports*. 2006.
8. Know, Y.-H., *Temáticas actuales en el análisis del movimiento y sus aplicaciones en el deporte*.
9. Hay, J.G.a.R., J.G., *The Anatomical and Mechanical bases of Human Motion*. 1982.
10. Seth Lenetsky, N.H.M.B., *Assessment and Contributors of Punching Forces in Combat Sports Athletes: Implications for Strength and Conditioning*. *Strength & Conditioning Journa*. 2013. **35**.
11. García Fojeda, M.A., *El juego deportivo en la Educacion Física yt el deporte*. 1989.
12. Rojas, F.J., Cepero, M., Oña, A., y Gutiérrez, *Kinematics adjustment in the basketball jump shot against an opponent*. . 2000.
13. Uria, R., *La chispa adecuada de Mike Tyson*. 2010.
14. Marion., J.B., *Dinámica de las partículas y sistemas*. 1992.
16. Martínez, L., *Pruebas de aptitud física*. 2002.
17. Giraldes, M., . *Metodología de la educación física. Análisis de la formación física básica en los niveles escolares*. 1992.
18. Willmore, J.H., *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 2000.
19. González, B., *Consideraciones sobre la Manifestación y el Desarrollo de la Fuerza y la Potencia Muscular*. 2007.
20. *Revista Politécnica ISSN 1900-2351*. 2009. **8**.