

**UNIVERSIDAD DE LEÓN**

*DEPARTAMENTO DE FISIOLÓGIA*



# **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS MAÑAS DE LA LUCHA LEONESA**

Memoria que presenta el Licenciado

***D. José Luis López Elvira***

para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Actividad Física  
y el Deporte.

León, abril de 2000



\* La realización de la presente Tesis Doctoral ha sido posible gracias a la subvención de la Excm. Diputación Provincial de León mediante una beca y proyecto de investigación.



*A mis padres, a Miriam  
y a mis amigos*



## **Agracecimientos**

En la realización de la presente tesis doctoral han participado directa o indirectamente diversas personas a las que quiero agradecer sinceramente su colaboración.

A Xavier Aguado, por haber realizado el duro trabajo de dirección de la tesis encauzando el rumbo del trabajo y alentándome en todo momento sin dejar de ser un buen amigo.

A la Excma. Diputación Provincial de León, por contribuir al desarrollo de la Lucha Leonesa subvencionando trabajos como la presente tesis doctoral.

A los luchadores Oscar de la Mano Barazón y Javier Oblanca Sánchez, por haberse prestado desinteresadamente a realizar todas las pruebas realizadas durante la fase experimental.

Al Director del Centro de Tecnificación de Lucha de Castilla y León, Cesáreo López Rodríguez, por haberme puesto en contacto con los luchadores y por prestarse a actuar como “experto” en los aspectos técnicos de las mañas de la Lucha Leonesa.

A mis compañeros de laboratorio, durante esta etapa Ignacio y Marta, por hacer más llevaderas las largas horas de trabajo frente al ordenador.

Y finalmente, una vez más, a José María Fernández Criado, por su meticulosidad y acierto en la corrección de estilo y demás aspectos lingüísticos del texto.



Desque vi que non podía  
partirme d'alli sin daña,  
como aquel que non sabía  
de luchar arte ni maña,  
con muy grand malenconía  
arméle tal guadramaña  
que cayó con su porfía  
cerca d'unos tomellares

(Menga de Manzanares)

*Marqués de Santillana*



## **ABREVIATURAS**

A lo largo del texto se emplean las abreviaturas del Sistema Internacional de unidades de medida. Además se incluyen las que a continuación se describen.

**3D-** Tres Dimensiones.

**ANOVA-** Análisis de la Varianza.

**BS-** Base de Sustentación.

**BSAt-** Base de Sustentación del Atacante.

**BSOp-** Base de Sustentación del Oponente.

**CG-** Centro de Gravedad.

**CM-** Centro de Masas.

**CMAAt-** Centro de Masas del Atacante.

**CMOp-** Centro de Masas del Oponente.

**DLT-** *Direct Linear Transformation*, o transformación lineal directa.

**DXF-** *Drawing interchange file Format*, o formato gráfico de fichero de intercambio.

**GCV-** *Generalized Cross-Validation*, o generalización por validación cruzada.

**IBV-** Instituto de Biomecánica de Valencia

**LED-** *Light Emitting Diode*, o diodo de emisión de luz.

**MFC-** *Microsoft Foundation Classes*, o clases base de Microsoft.

**MI-** Miembro Inferior.

**MS-** Miembro Superior.

**PC-** *Personal Computer*, ordenador personal.

**SDmáx-** Desviación Estándar máxima.

**S-VHS-** *Super Video Home System*, o super sistema de vídeo doméstico.

**X-** Coordenada espacial antero-posterior.

**Y-** Coordenada espacial medio-lateral.

**Z-** Coordenada espacial vertical.



ÍNDICE





## ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	9
2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1.- Características de la Lucha Leonesa .....	15
2.1.1.- Los orígenes.....	15
2.1.2.- Limitaciones que impone el reglamento.....	20
2.1.3.- Descripción de las mañas .....	21
2.1.3.1.- Símbolos y nomenclatura utilizada .....	21
2.1.3.2.- La posición inicial de agarre .....	23
2.1.3.3.- Descripción de las mañas .....	24
2.1.3.3.1.- Cadrilada .....	25
2.1.3.3.2.- Dedilla .....	26
2.1.3.3.3.- Garabito.....	27
2.1.3.3.4.- Gocha.....	28
2.1.3.3.5.- Golpe de cadera .....	29
2.1.3.3.6.- Mediana .....	30
2.1.3.3.7.- Media vuelta .....	31
2.1.3.3.8.- Remolino .....	32
2.1.3.3.9.- Retortijón .....	33
2.1.3.3.10.- Rodillín .....	34
2.1.3.3.11.- Saque a vueltas .....	35
2.1.3.3.12.- Sobaquillo .....	36
2.1.3.3.13.- Tranque.....	37
2.1.3.3.14.- Trespiés .....	38
2.1.3.3.15.- Zancajo .....	39

2.1.4.- Beneficios que puede aportar la biomecánica a los deportes de lucha .....	40
2.2.- Clasificación de las técnicas en los deportes de lucha .....	42
2.2.1.- Clasificaciones en el judo.....	43
2.2.2.- Clasificaciones en la Lucha Canaria.....	45
2.2.3.- Clasificaciones en la Lucha Leonesa.....	46
2.3.- División en fases de las técnicas deportivas.....	50
2.3.1.- Según fases temporales .....	50
2.3.2.- Según fases funcionales .....	51
2.3.3.- Según secuencias sensomotrices .....	51
2.3.4.- Características de la Lucha Leonesa .....	52
2.4.- Principios mecánicos del equilibrio.....	53
2.4.1.- Tipos de equilibrio.....	53
2.4.2.- Centro de masas o centro de gravedad .....	57
2.4.3.- Métodos de determinación del centro de masas .....	57
2.4.3.1.- Métodos directos.....	58
2.4.3.2.- Métodos indirectos .....	59
2.4.4.- Relación entre el centro de masas y la base de sustentación.....	61
2.4.5.- Aplicaciones a los deportes de lucha .....	63
2.5.- Antecedentes en el estudio biomecánico de las técnicas en deportes de lucha .....	66
2.5.1.- Estudios teóricos .....	66
2.5.2.- Estudios experimentales .....	69
3.- OBJETIVOS.....	71
4.- METODOLOGÍA .....	75
4.1.- Desarrollo metodológico .....	77
4.2.- Trabajo experimental.....	79

---

4.2.1.- Material.....	79
4.2.1.1.- Antropometría .....	79
4.2.1.2.- Fase de grabación .....	79
4.2.1.3.- Fase de laboratorio.....	80
4.2.2.- Sujetos .....	81
4.2.3.- Diseño experimental.....	81
4.2.3.1.- Antropometría .....	81
4.2.3.1.1.- Medidas antropométricas.....	81
4.2.3.1.2.- Área de la huella plantar .....	83
4.2.3.2.- Fase de grabación .....	84
4.2.3.2.1.- Colocación de las cámaras.....	85
4.2.3.2.2.- Frecuencia de muestreo y velocidad de obturación .....	86
4.2.3.2.3.- Sistema de referencias.....	86
4.2.3.2.4.- Ejecución de las mañas .....	88
4.2.3.3.- Fase de análisis .....	89
4.2.3.3.1.- Mañas seleccionadas .....	89
4.2.3.3.2.- Proceso de digitalización .....	90
4.2.3.3.2.1.- Modelo .....	90
4.2.3.3.2.2.- Frecuencia de muestreo .....	92
4.2.3.3.2.3.- Reproducibilidad de la digitalización .....	93
4.2.3.3.2.4.- Nivel extrapolación.....	93
4.2.3.3.2.5.- Suavizado.....	94
4.2.3.3.3.- Extracción de resultados y tratamiento de datos.....	94
4.2.3.3.3.1.- Variables descriptivas.....	95
4.2.3.3.3.1.1.- Discretas.....	95
4.2.3.3.3.1.2.- Continuas .....	101

4.2.3.3.3.2.- Cronogramas.....	102
4.2.3.3.3.3.- Gráficas .....	103
5.- RESULTADOS .....	105
5.1.- Resultados metodológicos.....	107
5.1.1.- Frecuencia de digitalización .....	107
5.1.2.- Reproducibilidad de la digitalización .....	108
5.1.3.- Nivel de extrapolación .....	109
5.2.- Análisis de las mañas .....	111
5.2.1.- Cadrilada.....	112
5.2.2.- Dedilla.....	115
5.2.3.- Garabito .....	118
5.2.4.- Gocha .....	121
5.2.5.- Golpe de cadera.....	124
5.2.6.- Mediana .....	127
5.2.7.- Media vuelta .....	130
5.2.8.- Remolino.....	133
5.2.9.- Retortijón .....	136
5.2.10.- Rodillín .....	139
5.2.11.- Saque a vueltas.....	142
5.2.12.- Sobaquillo.....	145
5.2.13.- Tranque .....	148
5.2.14.- Trespiés.....	151
5.2.15.- Zancajo .....	154
5.3.- Comparación entre mañas.....	157
6.- DISCUSIÓN .....	161

6.1.- Sobre la metodología .....	163
6.1.1.- Valoración del programa <i>Equilvar</i> .....	163
6.1.2.- Frecuencia de digitalización.....	164
6.1.3.- Reproducibilidad de la digitalización.....	165
6.1.4.- Nivel de extrapolación.....	166
6.1.5.- Planilla de resultados .....	167
6.2.- Sobre el análisis de las mañas .....	169
6.2.1.- Desplazamiento del oponente .....	169
6.2.2.- Duración de las fases .....	172
6.2.3.- Dirección de desequilibrio .....	174
6.2.4.- Estabilidad.....	176
7.- CONCLUSIONES.....	181
7.1.- Conclusiones agrupadas por objetivos.....	183
7.2.- Futuras líneas de investigación .....	186
8.- BIBLIOGRAFÍA.....	187
9.- ANEXO.....	207





## INTRODUCCIÓN





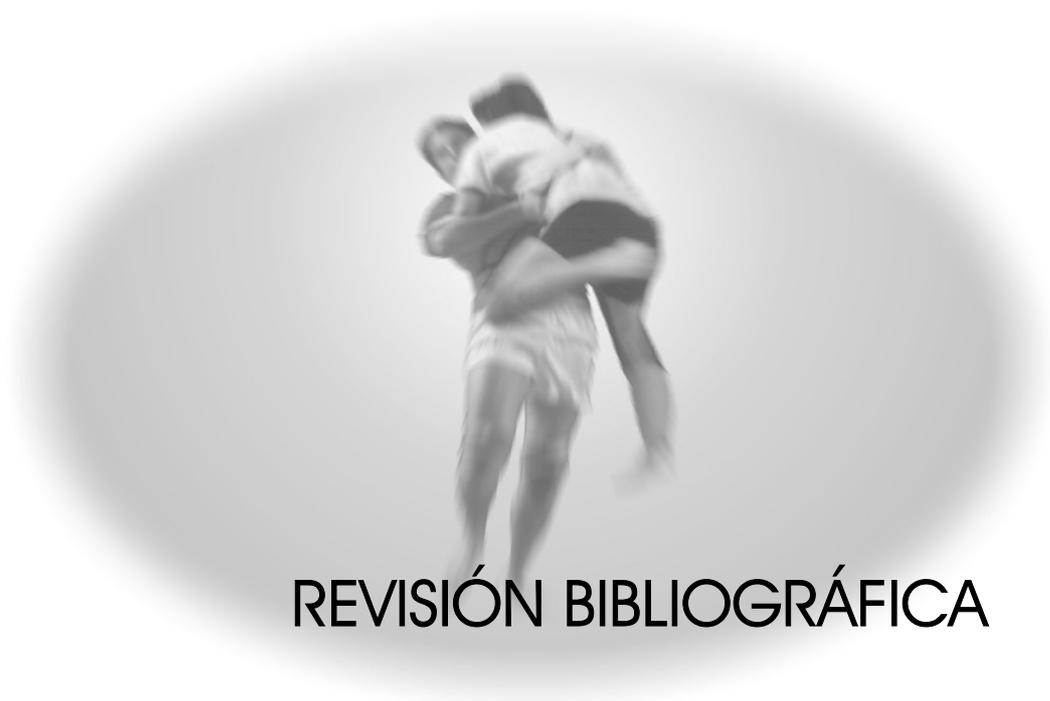
Hasta no hace mucho, la Lucha Leonesa se mantenía como una actividad **tradicional** poco abierta a la renovación. Sin embargo, en la actualidad se viene produciendo un proceso de deportivización necesario para que una actividad de este tipo perdure en nuestros días. Los corros se organizan en pro del espectáculo, el reglamento es modificado y va evolucionando, se introducen patrocinadores, etc. Incluso recientemente se observa la aparición de publicaciones de carácter científico, que hasta entonces eran prácticamente inexistentes, generalmente impulsadas por iniciativa de instituciones públicas o privadas. Sin ir más lejos, la presente tesis doctoral surge de una de esas iniciativas, promovida por la Excma. Diputación Provincial de León. Estas publicaciones científicas son condición imprescindible para la evolución de cualquier modalidad deportiva.

Y no es solamente en la Lucha Leonesa donde se aprecia una carencia de publicaciones científicas, sino en todos los deportes de lucha en general, y más aun en el área de biomecánica. Quizá sean las características intrínsecas de los deportes de lucha (el carácter abierto y la incertidumbre debida al gran número de factores que intervienen) las que dificulten el planteamiento de un análisis objetivo que vaya más allá de la observación visual. Es por ello que este trabajo se ha orientado en dos líneas complementarias: realizar un análisis biomecánico profundo de las mañas de la Lucha Leonesa, pero a la vez haciendo que la metodología desarrollada sirviera para ser aplicada a **otros deportes de lucha** y así contribuir al desarrollo de su carácter científico.

El objetivo primordial de este trabajo ha sido precisamente, desarrollar una metodología que permitiera realizar análisis biomecánicos en deportes de lucha. Tomando como base la **fotogrametría en vídeo 3D**, se desarrolló un programa informático y unas planillas de resultados específicas con las que poder evaluar la estabilidad de los luchadores durante la ejecución de las técnicas de lucha. La fotogrametría en vídeo 3D es una herramienta ideal para el estudio y descripción de técnicas deportivas, ya que no interfiere en los deportistas y por lo tanto permite el análisis en situación real de competición.

La metodología se puso a prueba analizando las mañas de la Lucha Leonesa. Se **dividieron** en fases y se **clasificaron** según criterios mecánicos. Estas clasificaciones favorecen la comprensión de las características peculiares de cada técnica, lo cual permite mejorar la calidad de la enseñanza de los jóvenes luchadores que están aprendiendo, así como facilitar la elección de las técnicas a emplear en el desarrollo del combate.

En definitiva, el presente trabajo es un **estudio pionero** que pretende abrir una nueva vía en el análisis científico de los deportes de lucha. Esperamos que sirva de base para continuar en el futuro aplicándola a otras modalidades de lucha y en situación real de competición, lo cual sin duda contribuirá al desarrollo de estos deportes.



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA





En este apartado se realiza la revisión bibliográfica que delimita los conceptos teóricos que se emplean a lo largo del trabajo. Comienza por la descripción de las características de la Lucha Leonesa, seguidamente se describen las formas de clasificación de las técnicas de lucha y su división en fases, los principios mecánicos del equilibrio y finalmente los antecedentes en estudios biomecánicos de los deportes de lucha.

## **2.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA LUCHA LEONESA**

Este apartado tiene como fin establecer y delimitar el marco en el que se desarrollará todo el trabajo. Primeramente se hace un apunte histórico de lo que ha sido la Lucha Leonesa desde sus orígenes, para después pasar a la justificación del trabajo, en la que se explica qué es lo que la biomecánica puede aportar a los deportes de lucha en general y en concreto a la Lucha Leonesa. Finalmente se describen las mañás que han sido seleccionadas como objeto de estudio.

### *2.1.1.- Los orígenes*

La Lucha Leonesa ha sufrido un proceso de deportivización en el que ha pasado de ser una actividad puramente lúdico-recreativa practicada de forma espontánea en las romerías de los pueblos de la provincia, a estar perfectamente enmarcada en la legalidad deportiva.

Tradicionalmente se ha conocido en el nombre de *aluche*. Existen referencias antiguas que definen esta palabra, como la de Goy (1929): “*lucha parecida a la moderna grecorromana. Es antiquísimo el aluche en las romerías, donde uno o varios pueblos desafían a otros*”. También la de González Largo (1969): “*solamente para el clásico y típico deporte leonés. Es antiquísimo y son extraordinariamente famosos los desafíos de pueblos contra pueblos, de valle contra valle y de ribera contra montaña en las famosas romerías veraniegas*”.

Más recientemente, Espartero y Martín (1995) como: “*deporte tradicional de lucha con agarre, en el que dos sujetos se enfrentan con la finalidad de derribar a su contrario, estando ambos contrincantes en todo momento agarrados al cinturón de su adversario*”. Destaca de esta definición el hecho de que ya es considerado un deporte, que tiene carácter tradicional, que su finalidad es estrictamente derribar al contrario y que la única forma de conseguirlo es por medio del agarre al cinturón.

Resulta curioso que incluso el Diccionario de la Real Academia Española (1992) lo recoge y define así el aluche: “*Cantabria y León: pelea entre dos, en que agarrándose uno a otro con ambas manos de sus sendos cinturones de cuero, procura cada cual dar con su contrario en tierra, conforme a determinadas reglas; es diversión popular*”. Se trata claramente de una referencia a la Lucha Leonesa puesto que especifica que el agarre se realiza al cinturón.

No existen escritos que confirmen su procedencia. Se cree que puede estar relacionado con un tipo de lucha descrita por Estrabón en los primeros años del cristianismo, cuya tradición ha sido transmitida a lo largo de los años de padres a hijos (González y González, 1983).

Tenía carácter festivo y era practicada en las romerías de los pueblos de la provincia de León (Figura 1). El *corro*, como se denomina el lugar en el que se celebran los combates, se organizaba de forma espontánea. Entre la muchedumbre surgía un hombre que, gozando del respeto popular, abría hueco con una vara hasta formar un círculo suficientemente amplio como para desarrollar los combates (Cordero, 1999).

Era entonces cuando algún mozo entraba en el corro y lanzaba el reto diciendo: “*¿hay quien luche?*” (Rodríguez y Gallego, 1985; Espartero y Martín, 1994). En esos tiempos los participantes iban saliendo uno por uno. El que ganaba permanecía luchando hasta que era derribado y ya no podía volver a luchar, o hasta que ya no salían más mozos, y ganaba el combate. En la mayoría de corros se premiaba tanto al ganador final como al que hubiera tirado un mayor número de contrincantes (González y González, 1983).



**Figura 2.1-** Escena de un corro en una romería típica de un pueblo leonés (de González y González, 1983).

Antiguamente, la tradición consistía en luchar con la ropa que se llevara puesta (Cordero, 1999). Los pantalones de sayal, un tejido rústico muy resistente empleado antiguamente en las aldeas, eran ideales para resistir los embates propios de los *aluches*, en los que los luchadores se agarraban a los bordes del pantalón o a las hebillas. Posteriormente se dejaron de emplear esos pantalones y se introdujo el uso del cinturón o cinto. Es aproximadamente hacia 1920 cuando empezó a utilizarse el cinturón como elemento específico de agarre (García, 1975, 1977), a raíz de la creación de las primeras bases reguladoras de los *aluches*, compuestas por 14 artículos elaborados por la recién creada Comisión Provincial de Lucha, cuyos esfuerzos se centraron en unificar la disparidad de criterios existentes entre los distintos pueblos. A partir de entonces, se suceden diversas etapas en las que se transforma en Federación de Lucha y adopta distintas denominaciones según periodos. En 1931 se crea el primer reglamento, que va evolucionando hasta el año 1966, en que se elabora el Reglamento General de Lucha Leonesa. Esta evolución continúa con diversas modificaciones hasta la publicación del Reglamento Deportivo y Régimen Disciplinario de la **Federación Territorial de Castilla y León de lucha** (1998) que rige en la actualidad.

En nuestros días ya no se organizan los *aluches* de forma espontánea y solamente en las romerías, sino que existe un calendario de competiciones para la temporada que

incluye competiciones en recintos cubiertos (Figura 2.2). No participa cualquiera, sino que hay que estar federado; ni tampoco se lucha con lo puesto, sino que es obligatorio el uso de ropa deportiva con el cinturón de cuero. Un cinturón que también tiene sus detractores, pues lo consideran el “verdugo” de la Lucha Leonesa. Argumentan que perjudica el espectáculo porque no deja respirar, prima en exceso la fuerza sobre la maña, favorece las lesiones y genera conflictos al agarrarse (Alonso, 1988). Sin embargo, el uso del cinturón se ha extendido ampliamente hasta el punto de ser considerado casi tan tradicional como la misma Lucha Leonesa, pues la dota de un carácter peculiar y diferenciador del resto de modalidades de lucha.



**Figura 2.2-** Escenario de lucha típico de un corro actual en un recinto cerrado. La imagen corresponde a un corro de exhibición.

Hasta la fecha no ha hecho más que crecer el interés por la Lucha Leonesa. Cada vez es mayor el número de asistentes a los corros, mayores los premios para los vencedores y mayor la atención de los **medios de comunicación**, que dedican páginas enteras al

seguimiento de las competiciones. De hecho, la Lucha Leonesa aparece como el evento deportivo más seguido durante la época estival en la provincia de León (Robles, 1997).

Todo esto hace que la Lucha Leonesa se constituya como una actividad de especial relevancia para la sociedad leonesa, produciéndose así un inevitable proceso de deportivización. Como consecuencia necesaria de este proceso, los luchadores tenderán cada vez más a dedicar a la lucha más tiempo del que dedicaban hasta hace poco, debido a que la Lucha Leonesa, como deporte, se irá volviendo cada vez más exigente, tanto técnica, como física como psicológicamente. Siguiendo la natural trayectoria de este tipo de actividades, es lógico pensar que la Lucha Leonesa termine siendo un **deporte profesional** igual que lo es ya la Lucha Canaria.

Hasta no hace mucho, las técnicas o **mañas** empleadas en la lucha han sido producto de una evolución espontánea e individual de cada luchador, adaptándolas a su gusto según sus características, aun a riesgo de que las adaptaciones no fueran las más propicias para la consecución del esperado resultado. Ni siquiera existe un consenso en la denominación de las mañas, que reciben distintos nombres. Así, se encuentran en una misma maña variantes como *garabito*, *garabato* o *gabito*; *cadrihada*, *cadrih* o *cadrihona*; *gocha* o *tranca*; *tranque* o *zancadilla*; *saque a vueltas* o *voleo*, etc. (García, 1975; Espartero y Martín, 1994; López y Flórez, 1995). También aparecen referencias a mañas con nombres que no se conocen en otros trabajos, como ocurre con el *cango* en el estudio realizado por García (1975).

Hoy en día el panorama está cambiando. Existen **escuelas de iniciación**, donde los niños aprenden a luchar guiados desde la base por monitores cualificados, de igual modo que se hace en cualquier otra especialidad deportiva. Un aspecto interesante para impulsar la Lucha Leonesa es la implicación de los investigadores del ámbito deportivo en el estudio de esta actividad. En diversas modalidades de lucha, principalmente en el judo, se lleva años realizando publicaciones científicas en distintas áreas (biomecánica, fisiología, etc.). Incluso la Lucha Canaria, deporte de características similares a las de la Lucha Leonesa, cuenta con numerosos estudios y publicaciones, reflejo fiel del interés que suscita en los investigadores y a su vez consecuencia del interés de la sociedad en general.

**La biomecánica** se presenta como un instrumento ideal para el estudio y clasificación de las técnicas deportivas, dándoles una seriedad y rigor científico a sus resultados y conclusiones. De hecho, ha venido siendo durante años uno de los elementos esenciales en la evolución de las marcas en deportes como la natación y el atletismo. ¿por qué la Lucha Leonesa va a quedarse al margen de una ciencia que tantos beneficios puede reportarle, igual que ya lo ha hecho con muchos otros deportes? Quizá haya llegado la hora de introducir una revolución en la Lucha Leonesa que le dé el impulso que necesita para gozar del interés y respeto del público, incluso fuera de la provincia.

### *2.1.2.- Limitaciones que impone el reglamento*

Como todo deporte institucionalizado, la Lucha Leonesa dispone de su propio reglamento deportivo. Éste se encarga de regular tanto los aspectos que conciernen directamente a la competición como los aspectos afines de organización y estructura federativa. En lo que respecta a nuestro estudio, existen dos artículos que afectan directamente al desarrollo de los combates de la Lucha Leonesa. El primero de ellos hace referencia al agarre. Al contrario de lo que sucede en otras modalidades de lucha, en la Lucha Leonesa **el agarre es fijo** y no se puede cambiar una vez que comienza el combate. El reglamento especifica que las dos manos deben permanecer agarradas al cinturón del contrario hasta que se produzca una caída. En caso de soltarse un luchador, se penaliza dando media caída al oponente (con dos caídas se gana el enfrentamiento).

El agarre al cinturón es la única forma que tienen los luchadores de derribar al oponente. Es un mediatizador de comunicación en los deportes de lucha (Amador, 1991). Espartero y Martín (1995) describen el agarre de la Lucha Leonesa mediante cuatro características: es *completo*, ya que se realiza con las dos manos; es *único*, a pesar de permitirse el agarre *a la mano derecha* o *a la mano izquierda*, es un mismo agarre simétrico; *inmutable* e *ininterrumpido*, puesto que no se permite soltarse una vez ha comenzado el combate.

Esta regla obliga a los luchadores a mantenerse fuertemente unidos por el agarre, lo que hace que se comporten como un sistema único, sistema *atacante-oponente*, con su propio centro de masas (CM) y su propia base de sustentación (BS). En este estudio se analizan esas dos variables.

La otra regla condiciona el combate en el sentido de que establece el fin del mismo. Dice: “*se consigue puntuar siempre que el luchador ponga sobre el suelo a su contrario por encima de la rodilla*” (Verduras, 1999). Esto implica que el combate se desarrolla exclusivamente mientras ambos luchadores permanecen de pie, con lo cual, una vez que uno de ellos es desequilibrado y derribado, se acaba la acción.

Estas dos reglas limitan el desarrollo de los combates de forma que posibilitan el estudio de las mañas de la Lucha Leonesa desde el punto de vista que se propone en esta tesis, es decir, a través del análisis de los CMs y BSs de los dos luchadores y del sistema *atacante-oponente*.

### *2.1.3.- Descripción de las mañas*

Inicialmente conviene aclarar ciertos criterios que se han adoptado al describir las mañas, como son los nombres empleados para denominar los planos del espacio, las direcciones y los significados de los símbolos empleados.

#### **2.1.3.1.- SÍMBOLOS Y NOMENCLATURA UTILIZADA**

Durante las descripciones se emplean continuamente términos que hacen referencia a direcciones y lateralidad de los movimientos. A lo largo de todo el trabajo se denomina **atacante** al luchador que ejecuta la acción y **oponente** al que es derribado. Las direcciones indicadas se consideran siempre tomando como referencia al luchador del que se está hablando; de forma que es lo mismo decir que el atacante empuja hacia adelante, que el oponente es empujado hacia atrás. Como es lógico, empujar es la acción en la que se ejerce

fuerza para alejar al oponente de sí mismo y tirar es ejercer fuerza para acercar al oponente hacia el propio cuerpo.

Las mañas han sido divididas en tres fases: *oportunidad*, *desequilibrio* y *derribo*.

- La *oportunidad* hace referencia al movimiento que realiza el oponente y que da pie a ejecutar una maña determinada. Va desde que el oponente empieza a moverse hasta que el atacante inicia la maña.

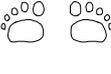
- El *desequilibrio* comienza cuando acaba la oportunidad y termina cuando el atacante tiene controlado al oponente y ha desplazado su CM hasta cerca del borde de la BS por donde lo va a derribar.

- El *derribo* es la fase que va desde el fin del desequilibrio hasta que el oponente llega al suelo, momento en el que termina la maña.

Aunque las mañas sean divididas en fases y se expliquen por separado, como en cualquier otra técnica deportiva el movimiento real debe ser fluido, continuado y sin interrupciones, para conseguir que la aplicación de la fuerza se realice en la dirección deseada (Justice, 1990; López y Flórez, 1995).

En la descripción de las mañas se han utilizado los símbolos que se describen en la Figura 2.3.

También existen posiciones en las que no se dibuja más que un pie del atacante. Esta situación responde a los casos en los que el atacante levanta el pie del suelo para atacar de alguna forma los MIs del oponente.

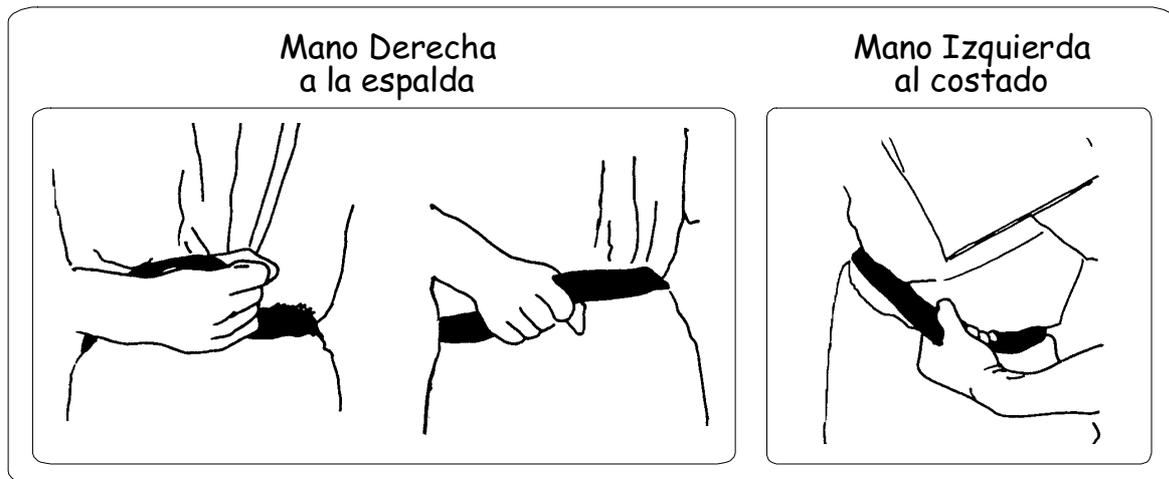
	Pies del Atacante		Centro de Masas del Atacante
	Pies del Oponente		Centro de Masas del Oponente
	Pies del Atacante en apoyo de metatarso		Desplazamiento de un elemento en la dirección indicada (Atacante u Oponente)
	Pies del Oponente en apoyo de metatarso		Elemento del Oponente desplazado por el atacante

**Figura 2.3-** Símbolos empleados para describir las mañas de la Lucha Leonesa.

### 2.1.3.2.- LA POSICIÓN INICIAL DE AGARRE

En la Lucha Leonesa, el combate siempre parte de una posición inicial establecida y no comienza hasta que los dos contendientes estén correctamente agarrados al cinturón del oponente.

Todas las mañas pueden ser ejecutadas simétricamente según el agarre sea *a la mano derecha* o *a la mano izquierda*. En este trabajo son siempre descritas según el agarre *a la mano derecha*. En este agarre la mano derecha pasa por debajo del brazo izquierdo del oponente y agarra el cinturón sin rebasar la línea media de la espalda. El pulgar se introduce entre el cinto y la espalda, bien de abajo arriba o bien de arriba abajo (Espartero y Martín, 1995). Los otros dedos van por fuera y cierran la mano. La mano izquierda pasa por encima del brazo derecho del oponente y le agarra el cinto por el costado derecho. Los cuatro dedos se introducen entre el cinturón y el vientre de abajo arriba y es el pulgar el que cierra la mano por fuera (Figura 2.4).



**Figura 2.4-** Posiciones de agarre al cinturón de ambas manos en la Lucha Leonesa (de Espartero y Martín, 1995).

### 2.1.3.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS MAÑAS

A continuación se describen las 15 mañas consideradas básicas en la Lucha Leonesa (López y Flórez, 1995) que serán objeto de estudio en el presente trabajo.

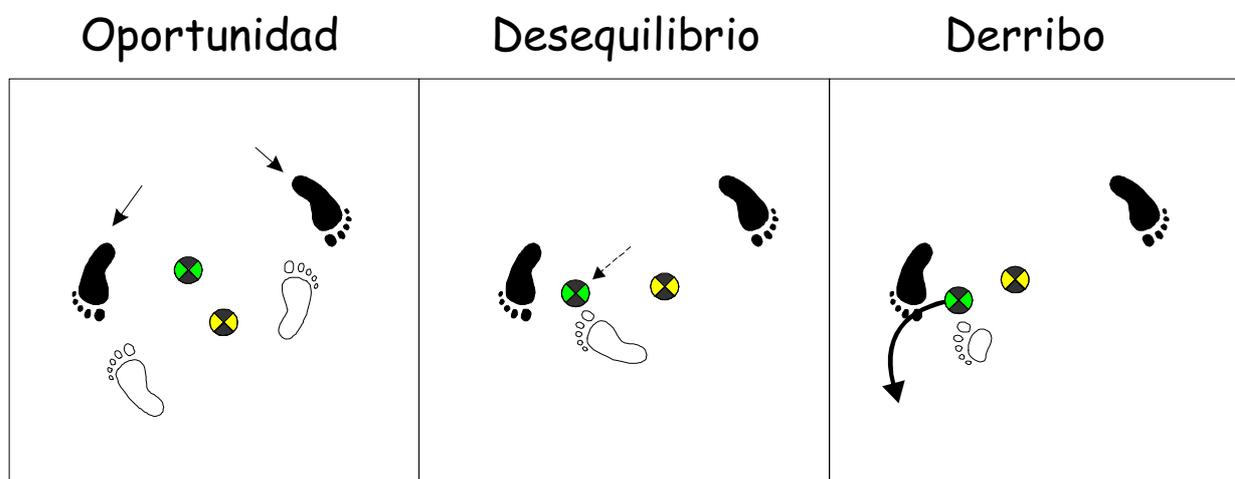
### 2.1.3.3.1.- Cadrilada

En la Figura 2.5 se observa la evolución de la *cadriada* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** el mejor momento para realizar esta maña es cuando el oponente separa los pies más de lo normal.

**b) Desequilibrio:** el atacante levanta al oponente tirando con los dos MSs y ayudándose a la vez del MI derecho introduciéndolo entre los del oponente, contactando muslo con muslo.

**c) Derribo:** mediante la acción conjunta de MSs y MI se levanta al oponente. Cuando está en el aire se le gira hacia la izquierda con la ayuda del MI derecho y se le derriba de espaldas.



**Figura 2.5-** Representación mediante huellas de la ejecución de la cadriada dividida en tres fases.

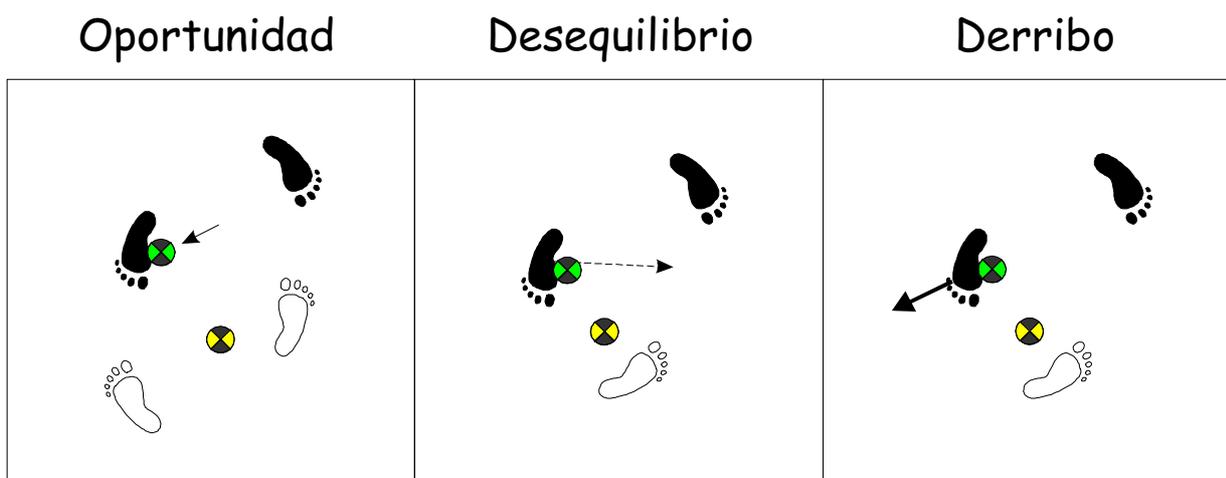
### 2.1.3.3.2.- *Dedilla*

En la Figura 2.6 se observa la evolución de la *dedilla* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

a) **Oportunidad:** el momento de ejecución se da cuando el oponente desplaza la proyección del CM hacia su pie derecho.

b) **Desequilibrio:** el atacante tira de la mano izquierda hacia atrás y afuera con el fin de obligar al oponente a adelantar el MI derecho. En el momento en que busca el apoyo para mantenerse equilibrado, el atacante coloca la cara interna del pie izquierdo sobre la pantorrilla derecha del oponente. El CM de éste se encuentra cercano al apoyo del pie derecho.

c) **Derribo:** lo consigue el atacante tirando de la mano izquierda y empujando con la derecha y el pecho hacia abajo haciendo girar el tronco del oponente hacia la izquierda. A la vez, con el pie izquierdo empuja hacia adelante el MI derecho del oponente para dejarle sin apoyo. Se continúa el movimiento hasta que el oponente cae de espaldas hacia la izquierda del atacante.



**Figura 2.6-** Representación mediante huellas de la ejecución de la *dedilla* dividida en tres fases.

### 2.2.4.3.3.- Garabito

En la Figura 2.7 se observa la evolución del *garabito* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se da la oportunidad cuando el oponente adelanta el pie izquierdo y está a punto de apoyarse en él o cuando tiene los MIs muy separados.

**b) Desequilibrio:** el atacante adelanta su pie izquierdo y tira con las dos manos para aproximarse al oponente. Debe aprovechar el tirón para desplazar el peso del contrincante hacia la parte delantera de su pie derecho que se encuentra retrasado. En ese momento, el atacante introduce el MI derecho entre los del oponente con el objetivo de trabarle el MI izquierdo a la altura de la rodilla.

**c) Derribo:** el atacante continúa el movimiento de su MI derecho tirando hacia atrás hasta que levanta el izquierdo del oponente, a la vez que con el pecho bloquea y tira con los MSs hasta derribarle.



Figura 2.7- Representación mediante huellas de la ejecución del *garabito* dividido en tres fases.

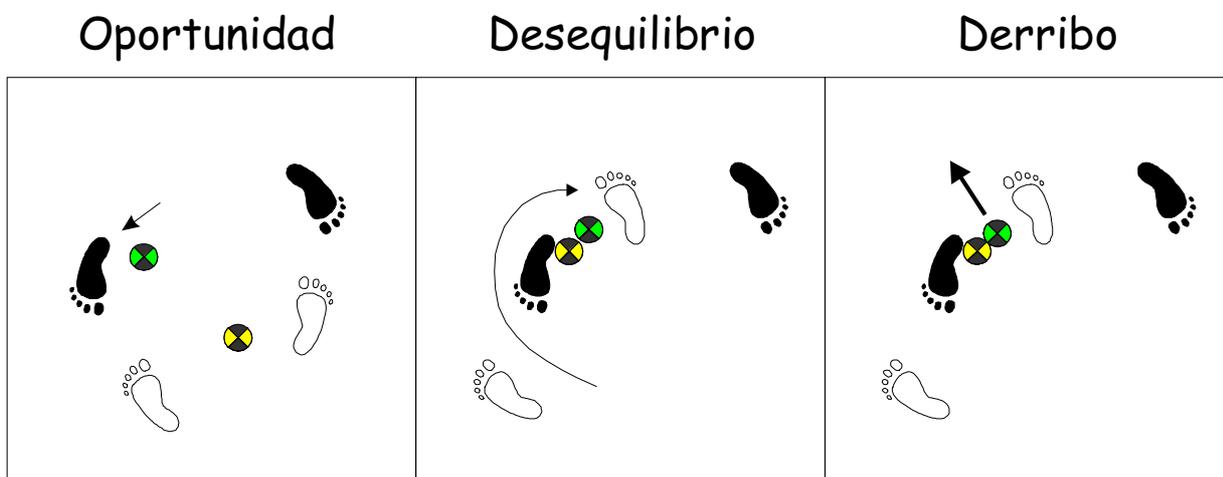
### 2.1.3.3.4.- Gocha

En la Figura 2.8 se observa la evolución de la *gocha* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se da cuando el oponente tiene la proyección del CM desplazada hacia el pie derecho.

**b) Desequilibrio:** el atacante empuja con el tronco para que el oponente retroceda con el pie izquierdo. Después gira la cadera hacia la izquierda y rodea con el MI derecho por fuera del oponente y lo apoya en el suelo golpeándole la pantorrilla. A la vez, le empuja con el pecho para conseguir llevarle la proyección del CM hacia atrás.

**c) Derribo:** la mano izquierda tira mientras que la derecha empuja ayudada por el tronco. El bloqueo del MI derecho provoca la caída del oponente.



**Figura 2.8-** Representación mediante huellas de la ejecución de la gocha dividida en tres fases.

### 2.1.3.3.5.- Golpe de cadera

En la Figura 2.9 se observa la evolución del *golpe de cadera* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

a) **Oportunidad:** se da cuando el oponente desplaza el pie derecho hacia afuera y aproxima la proyección del CM hacia ese pie.

b) **Desequilibrio:** el atacante tira del oponente hacia sí a la vez que rápidamente se gira 180° hacia la izquierda para quedar con los dos pies por delante de los del oponente y de espaldas a él. Las rodillas deben permanecer ligeramente flexionadas para que la parte inferior de la espalda y los glúteos se apoyen en el abdomen del oponente. En este momento la proyección del CM del oponente queda sobre la punta de sus dedos y desplazada hacia la derecha a punto de salirse de la BS.

c) **Derribo:** el atacante realiza una extensión de piernas a la vez que tira con su MS derecho hacia arriba, con lo cual levanta del suelo al oponente. Una vez que lo tiene en el aire, sin mover los pies empuja con la parte derecha de su tronco, es decir, con el MS y parte derecha del pecho, hacia el suelo mientras que tira hacia sí con el MS izquierdo. Esta acción provoca el giro del oponente que hace que “ruede” sobre su cadera y caiga de espaldas por debajo de él.

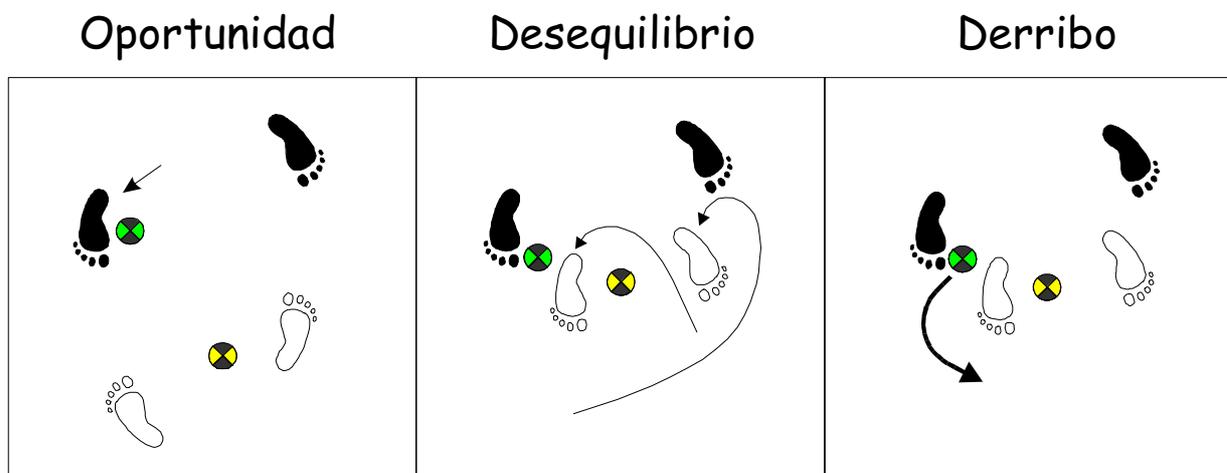


Figura 2.9- Representación mediante huellas de la ejecución del golpe de cadera dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.6.- Mediana

En la Figura 2.10 se observa la evolución de la *mediana* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se presenta cuando el oponente adelanta su pie izquierdo y está a punto de cargar el peso en él o si está con las piernas muy abiertas.

**b) Desequilibrio:** el atacante se aproxima al oponente y enrosca su pierna y pie derechos en la izquierda del otro introduciéndola por el interior. El enrosque se realiza sujetando con el empeine la parte externa del pie por debajo del tobillo. A la vez que se enrosca el pie, se le empuja con el pecho y MSs llevando su peso hacia el pie enroscado. En ese momento se tiene al oponente con la proyección del CM sobre su pie izquierdo.

**c) Derribo:** el atacante levanta el MI enroscado haciéndolo pasar entre los dos luchadores, a la vez que tira del MS derecho y empuja con el pecho y MS izquierdo provocando el giro y la caída de espaldas.



**Figura 2.10-** Representación mediante huellas de la ejecución de la mediana dividida en tres fases.

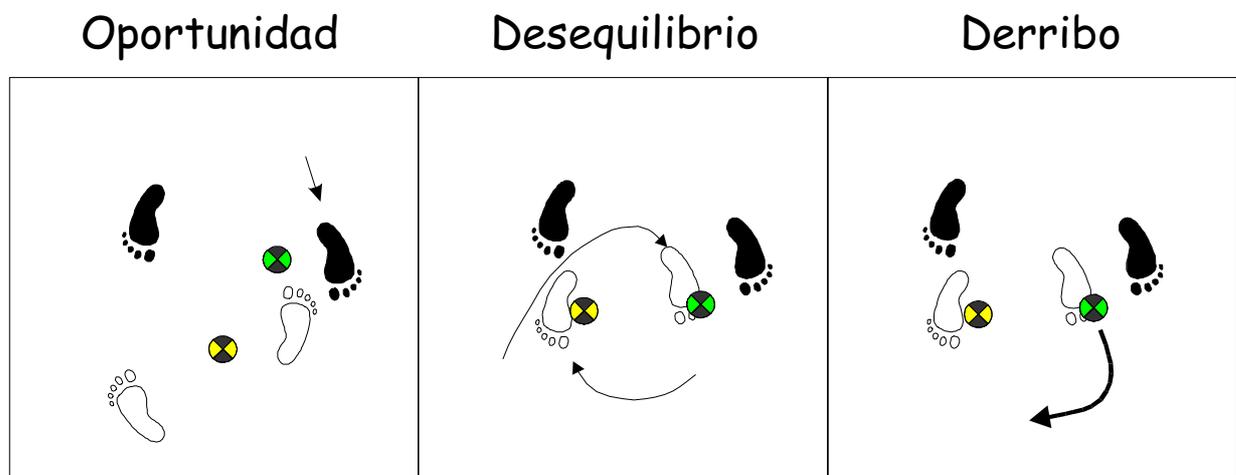
### 2.1.3.3.7.- Media vuelta

En la Figura 2.11 se observa la evolución de la *media vuelta* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se produce cuando el oponente adelanta el pie izquierdo desplazando la proyección del CM hacia este pie.

**b) Desequilibrio:** el atacante inicia el movimiento desplazando el pie izquierdo en giro hacia adelante para colocarlo entre los pies del oponente, mientras el pie derecho retrocede hacia atrás y afuera. El atacante queda de espaldas al oponente después de un giro de 180° hacia la derecha, contactando con la cadera pero sin llegar a meterla del todo. A la vez que realiza el giro con los pies, tira con el MS derecho y empuja con el MS izquierdo y el pecho, con lo cual el atacante queda con el tronco flexionado y el oponente apoyado en él desequilibrado, ya que la proyección de su CM se encuentra por delante de su BS. El movimiento debe ser rápido y encadenado al adelantamiento del pie izquierdo del oponente con el fin de aprovechar la inercia que lleva y que cueste menos el derribo.

**c) Derribo:** se realiza continuando el giro de tronco hacia la derecha sin mover los pies. Se utiliza la cadera y la parte externa del muslo izquierdo como punto de apoyo sobre el que se hace girar al oponente para conseguir darle la vuelta y que caiga de espaldas delante del atacante.



**Figura 2.11-** Representación mediante huellas de la ejecución de la media vuelta dividida en tres fases.

### 2.1.3.3.8.- Remolino

En la Figura 2.12 se observa la evolución del *remolino* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se da cuando el oponente está cercano al atacante.

**b) Desequilibrio:** el atacante tira del oponente hacia sí, hacia arriba y a la izquierda. El CM del oponente se encuentra en la parte delantera de sus pies.

**c) Derribo:** el atacante comienza a dar vueltas al oponente hasta que por efecto de la fuerza centrífuga lo despega de su cuerpo. En un momento dado, después de dos o tres vueltas, el atacante quiebra el giro hacia el otro lado. Este quiebro brusco hace que los MIs del oponente se levanten hasta quedar casi horizontales por la inercia que llevaban; en ese momento el atacante echa su tronco encima de él y lo derriba utilizando como eje de giro su muslo izquierdo.



**Figura 2.12-** Representación mediante huellas de la ejecución del remolino dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.9.- Retortijón

En la Figura 2.13 se observa la evolución del *retortijón* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

- a) **Oportunidad:** se produce cuando el oponente adelanta su pie izquierdo y desplaza la proyección de su CM hacia él.
- b) **Desequilibrio:** el atacante se gira hacia la izquierda retrocediendo el pie izquierdo a la vez que con los MSs tira del cuerpo del oponente hacia sí.
- c) **Derribo:** el atacante continúa tirando del oponente retorciéndole el tronco hacia adelante y lo derriba por fuerza. Realmente esta maña es una *media vuelta* mal ejecutada por luchadores con poca técnica. Se basa más en la fuerza bruta que en la técnica.

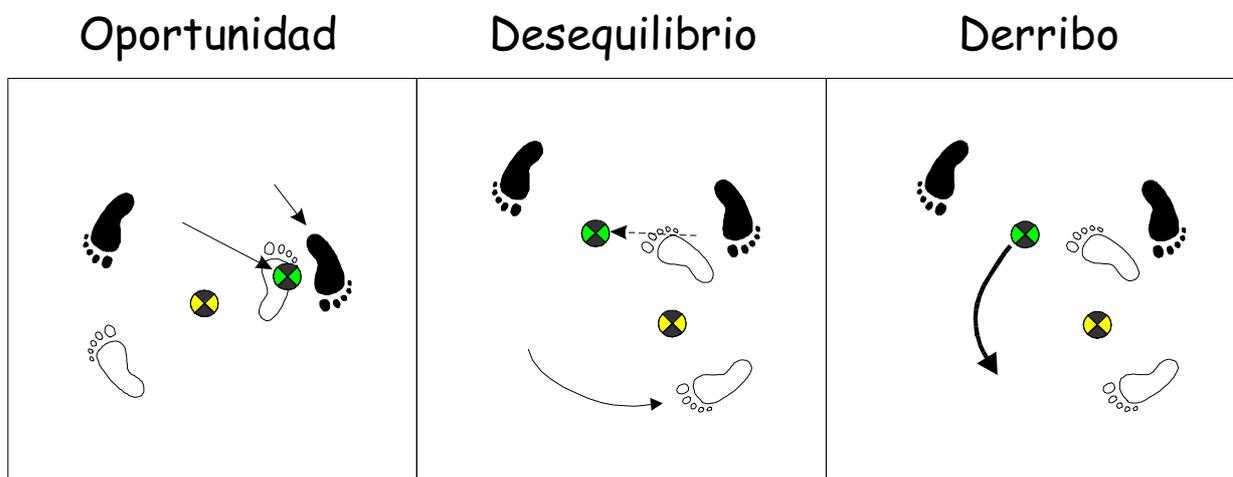


Figura 2.13- Representación mediante huellas de la ejecución del retortijón dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.10.- Rodillín

En la Figura 2.14 se observa la evolución del *rodillín* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** esta maña se puede realizar indistintamente al MI derecho o al izquierdo del oponente. En este caso se describirá la ejecución del gesto cuando el oponente desplaza la proyección del CM hacia el pie izquierdo.

**b) Desequilibrio:** el atacante empuja con los MSs y el pecho manteniendo al oponente apoyado sobre el pie izquierdo. A la vez coloca su rodilla derecha apoyada en la cara postero-externa de la rodilla izquierda del oponente y la empuja hacia adentro.

**c) Derribo:** el atacante continúa empujando con el tronco y con la rodilla derecha hasta conseguir doblársela y que caiga hacia atrás.

Esta maña es considerada peligrosa por el riesgo que supone para los ligamentos de la rodilla del oponente.



**Figura 2.14-** Representación mediante huellas de la ejecución del rodillín dividido en tres fases.

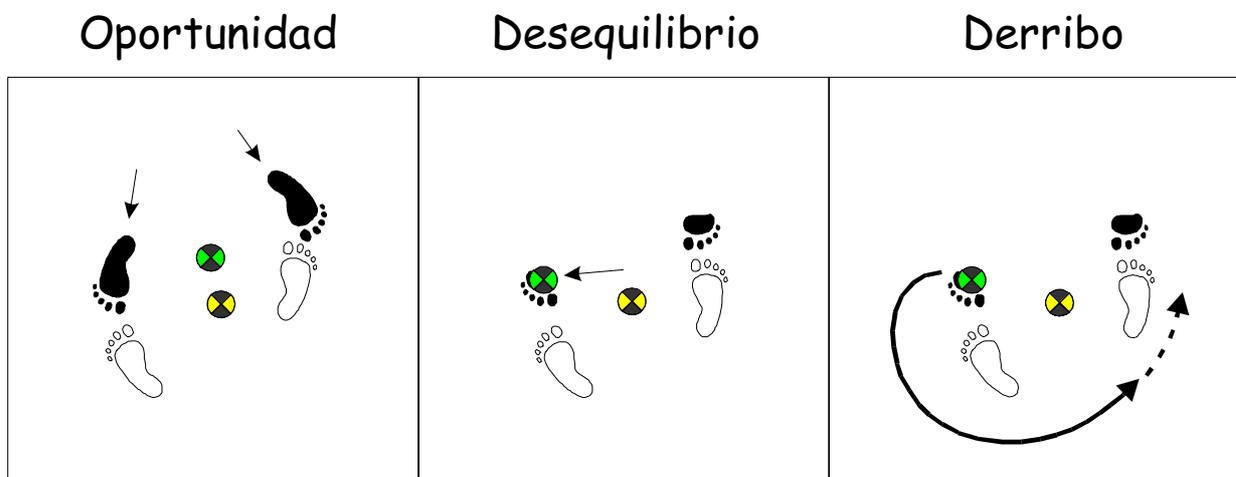
### 2.1.3.3.11.- Saque a vueltas

En la Figura 2.15 se observa la evolución del *saque a vueltas* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

a) **Oportunidad:** se da cuando el oponente está cercano al atacante.

b) **Desequilibrio:** es como en el *remolino*. El atacante tira del oponente hacia sí, hacia arriba y a la izquierda desplazando la proyección de su CM hacia la parte delantera de su pie izquierdo.

c) **Derribo:** el atacante comienza a dar vueltas al oponente hasta que por efecto de la fuerza centrífuga lo despega de su cuerpo. Después de dos o tres vueltas el atacante hace girar al oponente en la dirección que llevaba y lo deja en el suelo de espaldas.



**Figura 2.15-** Representación mediante huellas de la ejecución del saque a vueltas dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.12.- Sobaquillo

En la Figura 2.16 se observa la evolución del *sobaquillo* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se da cuando el oponente se encuentra próximo al atacante.

**b) Desequilibrio:** el atacante tira del oponente hacia arriba y a la izquierda. El movimiento tiene que ser rápido para que el oponente coja inercia.

**c) Derribo:** el oponente es elevado hasta el costado del atacante. En ese momento realiza un quiebro girando hacia la derecha, adelanta su pie izquierdo pivotando sobre el derecho y se ayuda de los MSs para terminar de girarle y derribarle de espaldas.



**Figura 2.16-** Representación mediante huellas de la ejecución del sobaquillo dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.13.- Tranque

En la Figura 2.17 se observa la evolución del *tranque por detrás* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** se produce cuando el oponente adelanta el pie derecho y desplaza hacia él la proyección de su CM.

**b) Desequilibrio:** el atacante adelanta su pie izquierdo y lo coloca por detrás del pie derecho del oponente entrando por el exterior de sus MIs. A la vez que mete el pie, tira con los MSs buscando el contacto con el pecho para empujar y llevarle la proyección del CM hacia la parte posterior de su pie derecho.

**c) Derribo:** el atacante tira del MS izquierdo y empuja con el derecho y el pecho; al mismo tiempo realiza una tracción con el MI izquierdo hacia atrás arrastrando el pie derecho del oponente, de modo que le deja sin apoyo y le hace caer hacia atrás.



**Figura 2.17-** Representación mediante huellas de la ejecución del tranque dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.14.- Trespiés

En la Figura 2.18 se observa la evolución del *trespiés* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** cuando el oponente desplaza la proyección del CM hacia su pie derecho.

**b) Desequilibrio:** el atacante tira del oponente hacia arriba y hacia sí para provocar que tenga que adelantar el pie derecho. Justo en el momento en que va a apoyarlo en el suelo, el atacante lanza lateralmente el pie izquierdo de fuera adentro para barrerlo.

**c) Derribo:** el pie izquierdo del atacante golpea lateralmente el derecho del oponente por debajo del tobillo en la parte externa. Al mismo tiempo tira con el MS izquierdo hacia abajo y afuera y empuja con el MS derecho y el pecho, lo que provoca el giro de los dos cuerpos a la izquierda del atacante haciendo que el oponente caiga de espaldas.



**Figura 2.18-** Representación mediante huellas de la ejecución del trespiés dividido en tres fases.

### 2.1.3.3.15.- Zancajo

En la Figura 2.19 se observa la evolución del *zancajo* mediante la representación de las huellas de los luchadores.

**a) Oportunidad:** esta maña se puede realizar con ambos MIs y también atacando ambos MIs del oponente. Se produce la oportunidad cuando el oponente aproxima la proyección de su CM a uno de sus pies (que es al que se va a atacar) o lo lleva hacia atrás a los talones. Aquí se explicará la maña para el caso en que el oponente se va hacia la derecha y el atacante le traba también con la derecha.

**b) Desequilibrio:** el atacante adelanta su pie derecho cruzando hacia el pie derecho del oponente y lo introduce entre las piernas. Recula el talón hasta engancharlo por detrás con el talón derecho del oponente, de forma que quedan en contacto las caras postero-externas de ambos pies. El pie debe estar bien fijado al suelo porque será el punto de apoyo para conseguir el desequilibrio.

**c) Derribo:** el atacante empuja con el pecho y MSs hacia adelante y abajo. Como el oponente tiene el pie de apoyo inmovilizado, se produce un momento de fuerza que le hace caer de espaldas.



**Figura 2.19-** Representación mediante huellas de la ejecución del zancajo dividido en tres fases.

#### *2.1.4.- Beneficios que puede aportar la biomecánica a los deportes de lucha*

La aplicación de la biomecánica al deporte permite facilitar la explicación teórica de los movimientos (Bäumler y Schneider, 1989), y en última instancia describirlos detalladamente. Sin embargo la biomecánica no se queda ahí y va más lejos. Por medio de simplificaciones teóricas es capaz de estudiar y valorar experimentalmente la influencia de la modificación de determinados parámetros y así desarrollar nuevas formas de movimiento más eficaces (Grosser y cols., 1991).

Los mismos Grosser y cols. (1991) presentan una serie de preguntas que se plantean los entrenadores y deportistas que pueden ser respondidas por la biomecánica aplicada al deporte:

- “¿Qué aspecto tiene el movimiento (descripción del movimiento)?*
- ¿Cuáles son las causas mecánicas que condicionan el movimiento?*
- ¿Qué factores influyen en el objetivo del movimiento?*
- ¿Existen fundamentos aplicables a cualquier movimiento?*
- ¿Qué músculos intervienen en el movimiento?*
- ¿Qué magnitud adquieren las cargas para el esqueleto muscular?*
- ¿Cómo podemos optimar el movimiento?”*

De todas estas cuestiones, la última es el objetivo principal de la biomecánica del deporte. Es decir, la biomecánica del deporte busca alcanzar el máximo rendimiento muscular con el mínimo gasto energético y el mínimo riesgo de lesiones.

Por otra parte, Aguado (1993) enumera cuatro objetivos de la biomecánica en los deportes de alta competición:

- “1- Descripción de la técnica deportiva.*
- 2- Búsqueda de las técnicas más eficaces.*
- 3- Desarrollo de métodos de medida y registro.*
- 4- Ayuda a la planificación del entrenamiento.”*

En este trabajo, como primera aproximación al empleo de la fotogrametría en vídeo 3D en los deportes de lucha, se llevarán a cabo los tres primeros objetivos, mientras que el cuarto queda relegado a posteriores estudios que tomen como referencia este primero.

## **2.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS EN LOS DEPORTES DE LUCHA**

Cuando se habla de técnicas de lucha en general, resulta difícil realizar una clasificación que englobe todas las técnicas, que resulte sencilla y que además cuente con la aceptación de todos los expertos en la materia. Basta con revisar la bibliografía existente para darse cuenta de que cada autor realiza su propia clasificación fruto de su experiencia y de los objetivos que se plantee conseguir con ella.

Amador (1995) describe las formas de clasificación que se suelen utilizar, tal y como se detalla en la Tabla 2.1.

Parte del cuerpo predominante De piernas De entradas a las piernas De brazos De cadera De tronco y brazos De hombro	Manera de controlar al adversario Técnicas de inmovilización Técnicas de sujeción Técnicas de estrangulación Técnicas en función de agarres diferenciados Técnicas de luxación
Según su utilización Luchas básicas Variantes/kuzures Contras Recontras Defensas Amagos Luchas combinadas/encadenamientos	Rol sociomotor Técnicas de ataque Técnicas de defensa

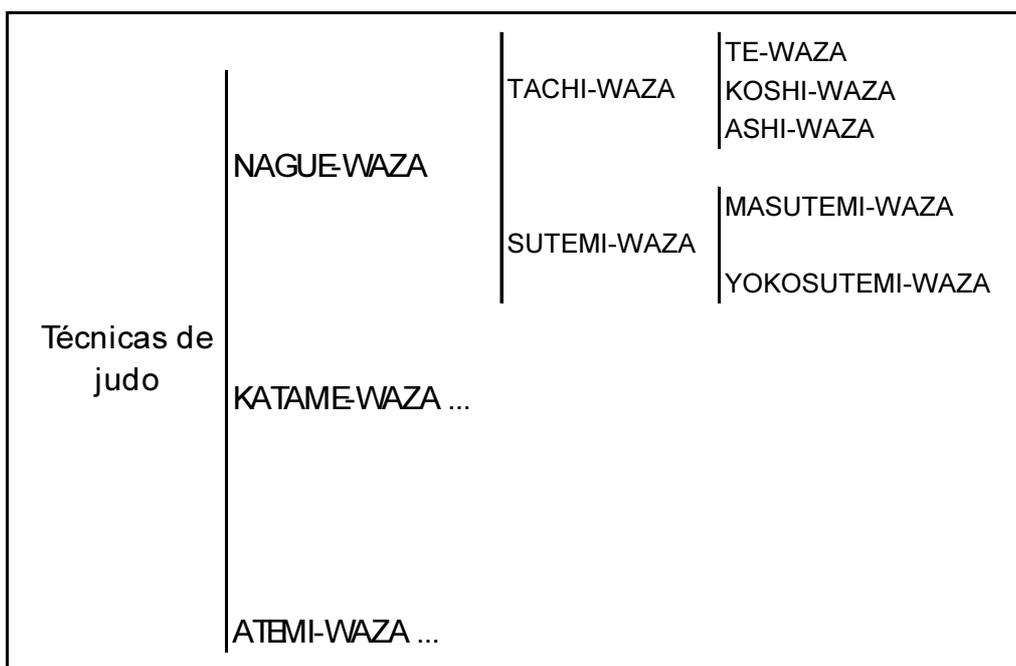
**Tabla 2.1-** *Criterios empleados comúnmente para clasificar las técnicas en los deportes de lucha (Amador, 1995).*

En este trabajo se proponen clasificaciones basadas en criterios objetivos (cuantificables) basados en la relación entre el CM y la BS de los luchadores.

En los puntos siguientes se citan algunas de las clasificaciones existentes en tres deportes de lucha con agarre: el judo, la Lucha Canaria y la Lucha Leonesa.

### 2.2.1.- Clasificaciones en el judo

En el caso del judo, su fundador Jigoro Kano (1989) realiza una descripción de todas las técnicas de la nueva arte marcial y las clasifica utilizando un **criterio mixto** entre anatómico y funcional. Dentro de las técnicas de proyección (*nague-waza*), que son las que nos interesan por comparación con la Lucha Leonesa, se diferencian las técnicas que utilizan partes del cuerpo (*tachi-waza*) y las de sacrificio (*sutemi-waza*). Las que utilizan distintas partes del cuerpo –criterio anatómico– se dividen en técnicas de brazos (*te-waza*), de cadera (*koshi-waza*) y de piernas (*ashi-waza*). Las técnicas de sacrificio –criterio funcional– se dividen en técnicas para proyectar al oponente echando el cuerpo hacia atrás (*masutemi-waza*) y técnicas para proyectar al contrario echando el cuerpo de costado (*yokosutemi-waza*). En la Tabla 2.2 se ve un cuadro con la clasificación.



**Tabla 2.2-** Clasificación de las técnicas de proyección del judo (Uzawa, 1981).

Sacripanti (1996) propone otra clasificación en función de un **criterio mecánico**. Distingue las técnicas según utilicen un par de fuerzas o una palanca (Tabla 2.3).

Técnicas del par de fuerzas		Técnicas de la palanca	
Aplicada al brazo	Kuchiki daoshi Kibisu gaeshi Kakato gaeshi Te guruma	Brazo mínimo	O guruma Sukui nage Tawara gaeshi Soto makikomi Kata guruma Ushiro goshi Ura nage Tama guruma Utsuri goshi Ganseki otoshi Maki komi Obi otoshi Uchi makikomi
Aplicada al tronco/pierna	O soto gari O tsubushi O soto guruma O soto otoshi Uchi mata Ko uchi makikomi Okurikomi uchi mata Harai goshi Hane goshi Hane makikomi Yama arashi	Brazo variable	Koshi guruma Kubi nage Uki goshi Sepi nage Morote seoi nage O goshi Eri seoi nage O tsurikomi goshi Ko tsurikomi goshi Tsuru Komi goshi Sode tsurikomi goshi
Aplicada al brazo/pierna	De ashi barai O uchi gari Okuri ashi barai Ko uchi gake Ko uchi barai Ko soto gake O uchi barai Harai tsuri komi ashi Tsubame gaeshi Yoko gake Ko uchi gari O soto gake Ko soto gari O uchi gake	Brazo medio	Ashi guruma Hiza guruma
Aplicada al tronco y brazo	Morote gari	Brazo máximo	Uki otoshi Tai otoshi Yoko wakare Sasae tsurikomi ashi Yoko otoshi Dai sharin Seoi otoshi Tomoe nage Hiza seoi Ura otoshi Sumi gaeshi Obi seoi waki otoshi Uki waza Suso seoi Tani otoshi Yoko guruma Ikkomi gaeshi
Aplicada a las 2 piernas	Kani basami	Suvari seoi	Ikkomi gaeshi

**Tabla 2.3-** Clasificación de las técnicas de judo en función del criterio mecánico de la utilización o no del par de fuerzas y la palanca (Sacripanti, 1996).

### 2.2.2.- *Clasificaciones en la Lucha Canaria*

Existen diversas clasificaciones en las técnicas de la Lucha Canaria. Hernández Moreno (1973) realiza una clasificación muy sencilla utilizando **criterios anatómicos**, es decir, según la parte del cuerpo que considera más importante en la ejecución; distingue entre técnicas de piernas, de brazos y combinadas.

Por otra parte, López González (1973) añade a su clasificación según criterios anatómicos una **división funcional** y queda como técnicas de mano, de piernas y de flexiones. Cada uno de estos apartados incluye variantes, amagos, remates, defensas, contras y recontras.

Más recientemente, Amador (1995) se decanta por una clasificación en función de los **subroles sociomotores**, que son acciones comunes en la modalidad de lucha. De los subroles extrae, en función de la secuencia motriz, los siguientes tipos de mañas (Tabla 2.4)

Técnicas de segado con las piernas
Técnicas de segado con las manos
Técnicas de segado/bloqueo con las piernas
Técnicas de bloqueo con las piernas
Técnicas de bloqueo con las manos
Técnicas de barrido con los pies
Técnicas de enganche con las piernas
Técnicas de enganche con las manos
Técnicas de proyección con la cadera
Técnicas de volteo con el tronco
Técnicas de levantamiento de brazos, con o sin giro
Técnicas de desequilibrio

**Tabla 2.4-** *Clasificación de las técnicas de Lucha Canaria aplicando el criterio de los subroles sociomotores (Amador, 1995).*

### 2.2.3.- Clasificaciones en la Lucha Leonesa

En la Lucha Leonesa se ve incrementada la dificultad de la clasificación por la falta de consenso en la nomenclatura y descripción de cada maña.

García Redondo (1979) propone una clasificación **mixta** entre un criterio funcional y anatómico. En primer lugar divide las mañas en las de tierra y las de aire, en función de si se levanta o no al oponente. Posteriormente, subdivide cada uno de esos apartados atendiendo a la parte del cuerpo con que se realizan (criterio anatómico). Contempla únicamente la acción de piernas o de cadera, ya que no incluye la categoría de brazos. Algunas de las mañas a las que se refiere este autor están incluidas dentro de distintas categorías. Esto se debe a que estas mañas admiten variantes en la ejecución que mantienen la estructura general de la maña (Tabla 2.5).

Tierra	piernas	Mediana Garabito Dedilla Rodillín Traspiés Tranque por detrás Gocha Cango
	cadera	Media vuelta Cadril Retortijón
Aire	piernas	Cadriada Saque a vueltas con cruce Saque a vueltas sin cruce Mediana Traspiés Tranque por detrás

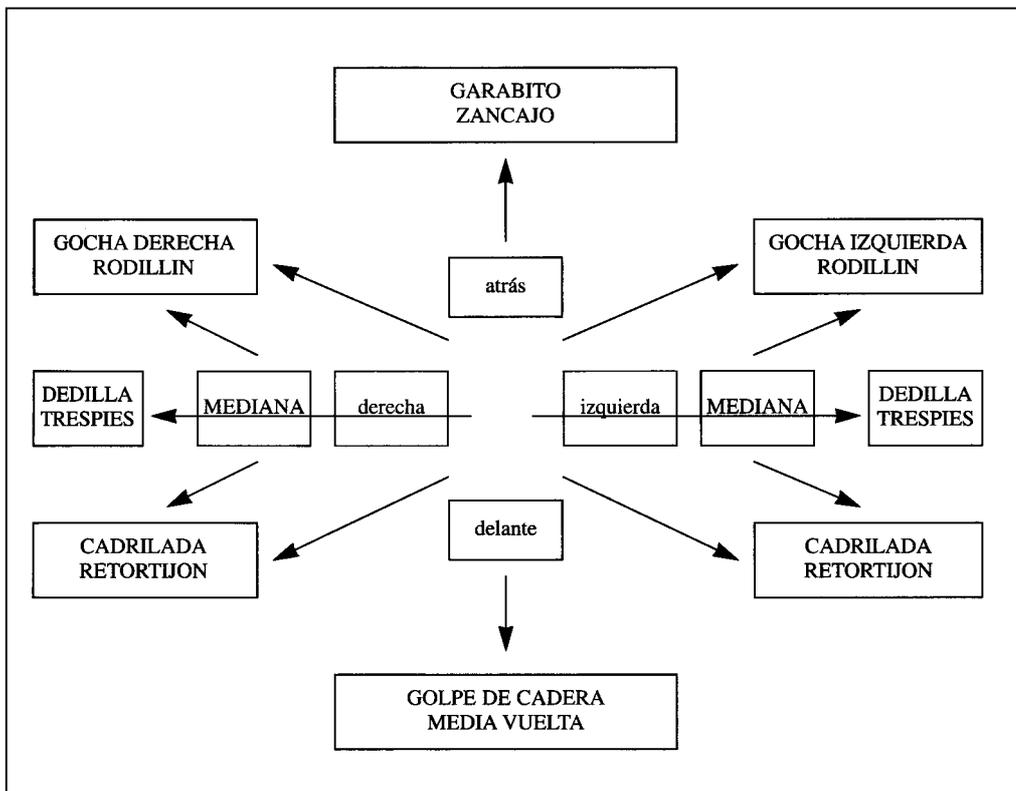
**Tabla 2.5-** Clasificación de las mañas de la Lucha Leonesa propuesta por García Redondo (1979).

López y Flórez (1995) también exponen una clasificación que utiliza el **criterio mixto** con predominancia del anatómico. La intencionalidad de esta clasificación es que resulte “*eminente didáctica*”. Dentro de las categorías anatómicas se incluyen subcategorías topográficas, en las que se especifica si se introduce la pierna por dentro o por fuera, o si se realiza a ras de suelo o con elevación. Resaltan el hecho de que aunque una maña se encuentre en un determinado apartado, no quiere decir que se emplee únicamente esa parte del cuerpo, sino que el luchador debe ayudarse conjuntamente de los movimientos de MIs, MSs, pecho y cadera para realizarla. Su clasificación es la presentada en la Tabla 2.6.

1.- MAÑAS DE CADERA	2.1.2.2.- Dedilla
1.1.- Golpe de cadera o volteo de cadera	2.1.2.3.- Trespiés
1.2.- Media vuelta	2.1.2.4.- Rodillín
1.3.- Retortijón	2.1.2.5.- Gocha
1.4.- Cadrilada (realizada con la cadera)	2.2.- Con elevación por dentro:
2.- MAÑAS DE PIERNAS	2.2.1.- Cadrilada
2.1.- A ras de suelo:	3.- MAÑAS DE BRAZOS
2.1.1.- Por dentro:	3.1.- Saque a vueltas o voleo
2.1.1.1.- Garabito	3.2.- Remolino
2.1.1.2.- Mediana	3.3.- Sobaquillo
2.1.1.3.- Zancajo por dentro	4.- MAÑAS COMBINADAS
2.1.1.4.- Garabito a la rodilla	5.- FALSEOS
2.1.2.- Por fuera:	
2.1.2.1.- Zancajo o tranque por detrás	

**Tabla 2.6-** *Clasificación según criterios anatómicos de López y Flórez (1995).*

Estos mismos autores también incluyen una clasificación en la que se aprecia la distribución de las mañas según la **dirección de caída** (Figura 2.20).



**Figura 2.20-** Propuesta de clasificación de las mañas de Lucha Leonesa en función de la dirección de caída (López y Flórez, 1995).

Por último, una clasificación presentada por Espartero y Martín (1994) tiene como base la **predominancia del miembro** que se emplea en la realización de la maña. Dentro de cada grupo de mañas en las que predomina el empleo de un miembro se subdividen en mañas que son de similares características o variantes de una principal. En la Tabla 2.7 se observa este esquema de la distribución de las mañas.

<p>MAÑAS DE PIERNA</p> <p>1.- ZANCADILLAS</p> <p>1.1. Tranque o Zancadilla</p> <p>1.2. La Tranca la Gocha, la Tranca o la Gocha</p> <p>1.3. Zancajo o Zancajillo</p> <p>1.4. Zancadilla con cruce</p> <p>2.- GARABITO:</p> <p>2.1. Garabito, Gabito o Garabato</p> <p>2.2. Garabito en la rodilla</p> <p>3.- MEDIANA:</p> <p>3.1. Mediana</p> <p>3.2. Mediana hacia adelante</p> <p>3.3. Mediana hacia atrás</p>	<p>4.- RODILLÍN O RODILLÓN</p> <p>5.- DEDILLA</p> <p>6.- TRESPIÉS O TRASPIÉS</p> <p>7.- CADRILADA, CADRILONA O CADRIL</p> <p>MAÑAS DE CADERA</p> <p>1.- MEDIA VUELTA</p> <p>2.- MEDIA VUELTA AL OTRO LADO, RETORTUJÓN O RETORTIJÓN</p> <p>3.- GOLPE DE CADERA</p> <p>4.- VOLEO, VOLEO CON CRUCEO REMOLINO</p>
--	---

**Tabla 2.7-** *Clasificación de las mañas de la Lucha Leonesa realizada por Espartero y Martín (1994).*

## **2.3.- DIVISIÓN EN FASES DE LAS TÉCNICAS DEPORTIVAS**

La división de las técnicas deportivas en fases se realiza con el fin de facilitar su comprensión. Un movimiento complejo dividido en fases permite que su aprendizaje y estudio resulte más sencillo.

Existen diferentes modelos para dividir las técnicas en fases:

- Según fases temporales (Meinel/Schnabel, 1971).
- Según fases funcionales (Göhner, 1979).
- Según secuencias sensomotrices (Ungerer, 1977).

A continuación se explica brevemente cada uno de ellos.

### *2.3.1.- Según fases temporales*

Para establecer el inicio o final de las fases se pueden utilizar diferentes criterios, como la relación con el material deportivo (el momento de liberación del artefacto en los lanzamientos); la relación con el medio (en un salto, el momento en que se pierde y recupera el contacto con el suelo) o finalmente la relación entre segmentos corporales (por ejemplo, la máxima flexión de rodillas).

Se parte de la idea de que todas las técnicas son **cíclicas o acíclicas** (Grosser y Neumaier, 1986). Las técnicas acíclicas son las que se ejecutan de una sola vez (un salto, un lanzamiento o una maña de lucha) y las cíclicas son las que están formadas por secuencias idénticas que se van repitiendo en el tiempo (correr, nadar o andar en bicicleta).

La división se realiza teniendo en cuenta el **transcurso temporal**. Meinel (citado por Grosser y Newmaier, 1986) establece para las técnicas acíclicas tres fases: fase

preparatoria, fase principal y fase final. Cada una de las fases se interrelaciona con las demás en lo que llama relación efectiva, relación causal y relación funcional.

Sin embargo, en las técnicas cíclicas, la estructura consiste en dos fases: una fase principal y una fase intermedia que se van repitiendo sucesivamente. Estas dos fases se van fusionando de modo que el final de la fase principal coincide con el inicio de la fase intermedia.

Realmente, a la hora de establecer la división se tiene en cuenta la finalidad del movimiento, es decir, el objetivo que se persigue, por lo que no existe gran diferencia con las divisiones.

### *2.3.2.- Según fases funcionales*

Göhner (1979) citado por Grosser y Newmaier (1986), define la fase funcional como “*aquella parte del transcurso de un movimiento, para la que se puede demostrar una función determinada referente a lo que realiza el sistema motor durante dicho transcurso, dentro del ámbito de los objetivos pretendidos con el movimiento y de las condiciones a cumplir*”. De esta forma define dos tipos de fases funcionales: **principales y auxiliares**. Las fases funcionales principales no requieren relación con otras fases para describir su función, es decir, son independientes del resto de movimientos. Las fases funcionales auxiliares sí tienen dependencia, ya que son dependientes de las fases principales.

### *2.3.3.- Según secuencias sensomotrices*

Esta forma de dividir los movimientos se emplea sobre todo de cara a la enseñanza de las técnicas deportivas. Una secuencia sensomotriz podría definirse como un movimiento producto de un **acto de decisión**. El momento del cambio de una secuencia a otra lo establece el cambio de dirección del segmento.

La crítica que se hace a esta forma de estructuración es que no existe una delimitación clara de cada secuencia.

#### *2.3.4.- Características de la Lucha Leonesa*

En este estudio se seguirá un criterio de división según el transcurso temporal, fraccionando cada maña en tres fases que se suceden siempre en el mismo orden. Estas fases son: oportunidad, desequilibrio y derribo, que se corresponden con la fase preparatoria, principal y final respectivamente, de acuerdo con la división para las técnicas acíclicas de Meinel. La propuesta que se hace consiste en establecer los criterios de división en función de la relación entre la BS y el CM de los luchadores, como se explicará más adelante.

## **2.4.- PRINCIPIOS MECÁNICOS DEL EQUILIBRIO**

El objetivo principal en la mayoría de los deportes de lucha es desequilibrar al contrario para derribarlo. Es por ello que el equilibrio es un aspecto fundamental en estos deportes. En concreto, en la Lucha Leonesa juega un papel fundamental, ya que el único objetivo es derribar al contrario (Espartero y Martín, 1995; Cordero, 1999).

El equilibrio se estudia desde distintas disciplinas, como la física, la fisiología o la educación física, adoptando definiciones diferentes en cada una de ellas (Aguado y Banegas, 1989). Así pues, un físico analiza el equilibrio desde el punto de vista de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos y la relación entre el centro de gravedad (CG) y la BS. Sin embargo, un fisiólogo lo estudia desde la óptica de la coordinación entre los sistemas aferentes (kinestésicos, función vestibular y visuales), los centros de decodificación, comparación y decisión y los sistemas efectores (Azémar, 1982; Ganong, 1986). Por otra parte, Mosston (1968), desde el punto de vista de la educación física toma una parte de cada disciplina y lo define como *“la capacidad de asumir y sostener cualquier posición del cuerpo contra la ley de la gravedad”*.

Para la realización de este trabajo se adoptó el punto de vista de la física, ya que los objetivos planteados abarcan aspectos biomecánicos. Es decir, se estudia el equilibrio desde un punto de vista externo al luchador y no desde los procesos internos que regulan la postura.

### *2.4.1.- Tipos de equilibrio*

El equilibrio se clasifica en tres categorías: equilibrio estático, cinético y dinámico (Catala, 1979). Se habla de equilibrio estático cuando un cuerpo está en reposo (no modifica su BS); equilibrio cinético, cuando está en movimiento rectilíneo y uniforme; y equilibrio dinámico, cuando no se mantiene por las fuerzas que se le aplican sino por las inerciales (Rasch, 1991).

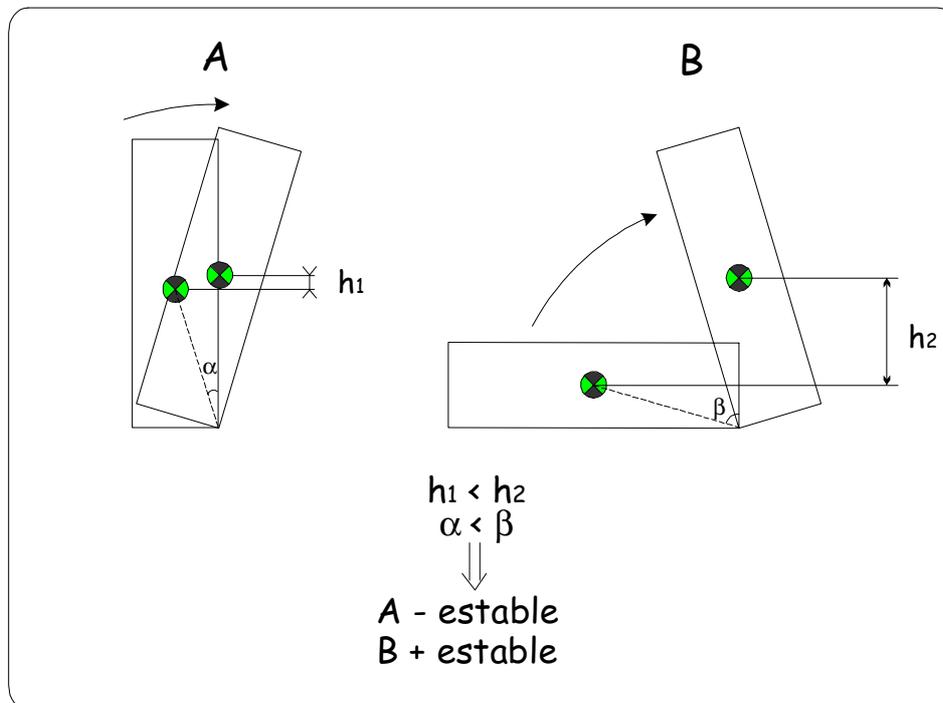
A su vez, dentro del equilibrio estático existen tres estados posibles: estable, inestable y neutro o indiferente. El **equilibrio estable** se define como aquél en el que una fuerza perturbadora no impide que el cuerpo vuelva a su posición inicial (una pelota en un valle). Atendiendo a las fuerzas y los momentos de fuerza que actúan sobre el cuerpo, tanto externas como internas, el equilibrio estable se alcanza cuando  $\Sigma F=0$  (el sumatorio de las fuerzas es 0), y cuando  $\Sigma F \cdot r=0$  (el sumatorio de los momentos de fuerza es 0) (Beiser, 1978; Tipler, 1989; Bäumlér y Schneider, 1989; Hibbeler, 1989). Otros autores como Burbano y Burbano (1983) y Spiegel (1996) afirman que no es necesario que sean exactamente cero, sino que se da el equilibrio estable con valores mínimos, y el equilibrio inestable cuando los valores no son mínimos. Existe un tipo de equilibrio estable particular; es el equilibrio hiperestable o superestable, que es el que se produce cuando el CG del cuerpo se encuentra por debajo de la BS (Aguado, 1993).

Por otra parte, el **equilibrio inestable** es aquél en el que una pequeña fuerza perturbadora provoca que el cuerpo se aleje de su posición inicial (una pelota en lo más alto de una montaña).

Finalmente, el **equilibrio neutro o indiferente** corresponde a un estado en el que una fuerza perturbadora no conduce a un cambio en el equilibrio (una pelota en una superficie plana horizontal) (Kane y Sternheim, 1991).

El equilibrio también se puede relacionar con la **energía potencial**. El equilibrio estable corresponde a las posiciones en las que la energía potencial es mínima; el equilibrio inestable, a las que la energía potencial no es mínima y el equilibrio neutro, cuando la energía potencial es constante (Serway, 1989; Tipler, 1989). De esta forma se explica que un cuerpo en equilibrio inestable con el CG alejado del suelo, al aplicarle una pequeña fuerza tienda a alejarse de su posición inicial buscando otra en la que el CG esté más cercano al suelo, o sea, con menor energía potencial; y también que un cuerpo en equilibrio estable, tienda a volver a su posición inicial en la que la energía potencial es mínima. Hewitt (1995) afirma que un cuerpo se encuentra en equilibrio más estable cuando al intentar desplazarlo cuesta más elevar su CG. Es decir, cuanto más trabajo hay que aplicar a un cuerpo para moverlo, más estable será (Figura 2.21). Al mismo tiempo, la energía

potencial se relaciona con el ángulo de caída, ya que al inclinarse el cuerpo, a la vez que se incrementa la energía potencial (la altura del CG aumenta), disminuye el ángulo de caída y más inestable se vuelve (Cecchini, 1989).



**Figura 2.21-** Un cuerpo es más estable cuando tiene poca energía potencial y requiere más trabajo para elevar su centro de gravedad. A su vez, la energía potencial está directamente relacionada con el ángulo de caída.

De la anterior afirmación se deducen las condiciones para que un cuerpo sea estable. Según Hay (1993), la estabilidad de un cuerpo en equilibrio depende de tres factores: la posición de la proyección del CG respecto a la BS; la altura del CG relativa a la BS y el peso del cuerpo. La primera indica la distancia horizontal desde el CG hasta las aristas de caída (Dyson, 1982; Bäumer y Schneider, 1989). A mayor distancia, en un cuerpo rígido, mayor es la altura que tiene que alcanzar el CG para llegar al punto de desequilibrio, y en un cuerpo deformable, mayor es el desplazamiento que debe realizar el CG para llegar al borde de la BS. Esta condición también evidencia que el objeto es más estable cuando tiene una BS mayor en la dirección de la fuerza perturbadora (McGinnis, 1999). Por lo tanto, en general, un cuerpo es más estable cuando tiene una BS más grande

y el CG está centrado en ella. La altura del CG respecto a la BS implica una mayor o menor energía potencial. A mayor altura, mayor energía potencial y por lo tanto más inestable es el objeto. El último factor del que habla Hay, el peso, influye en la estabilidad en el sentido de que cuanto más pesa el objeto, mayor inercia posee y mayor fuerza es necesaria para desplazarlo. Por otra parte, Aguado (1993) añade un cuarto factor, que es el **rozamiento** de la superficie de contacto. En principio, en una superficie deslizante un objeto posee más estabilidad, ya que al aplicarle una fuerza, en lugar de almacenarse en forma de energía potencial (basculando por una arista de caída y elevando el CG), se desplaza, es decir, mantiene su energía potencial constante, con lo cual se equipara a un equilibrio neutro o indiferente. Como ejemplo, cabe pensar en dos contendientes luchando en un terreno resbaladizo. Si uno de ellos se mantiene rígido mientras el otro le empuja, no caerá derribado sino que se desplazará hacia atrás sin modificar su postura. Si bien esto es teóricamente cierto, en situaciones de lucha no se puede afirmar que cuanto menos rozamiento tenga el terreno más estables son los luchadores, porque entran en juego factores externos, como el principio de acción-reacción, que hace que las extremidades inferiores se desplacen en sentido contrario al de las superiores al no encontrar la oposición de la fuerza de rozamiento con el suelo.

Para estudiar el estado de equilibrio se utiliza el **sistema mecánico**. Meriam (1985) lo define como “*un cuerpo o grupo de cuerpos que puede aislarse de los demás*”. El sistema puede ser un único cuerpo o una combinación de cuerpos conectados. Además pueden ser rígidos o no. Un luchador no se comporta como un cuerpo rígido, ya que en el forcejeo con el adversario modifica continuamente su postura. Pero a pesar de ello, también puede ser interesante el estudio del equilibrio y la estabilidad ya que está sujeto a las mismas leyes de la mecánica (Bäumer y Schneider, 1989). Se puede afirmar que en la búsqueda del desequilibrio no intervienen fuerzas inerciales. Estas fuerzas, en el caso de aparecer, lo hacen una vez que el oponente está desequilibrado en la fase de derribo.

La metodología que se propone en el presente trabajo se basa en la fotogrametría en vídeo 3D, que no permite realizar análisis dinámicos sino cinemáticos. Sin embargo, permite conocer en todo momento la posición tridimensional tanto del CM como de la BS

de los dos luchadores a lo largo del desarrollo de la técnica sin interferir en su ejecución, con lo cual se convierte en una metodología ideal para el estudio de la lucha.

### *2.4.2.- Centro de masas o centro de gravedad*

En primer lugar, cabe aclarar la diferencia entre los conceptos de CM y CG, ya que ambos términos son utilizados indistintamente por diversos autores. El CM es un **punto de equilibrio**; es el punto en el que se puede concentrar toda la masa de un cuerpo. Cuando el cuerpo se encuentra en un campo gravitatorio uniforme, el CM también puede ser llamado CG (Tipler, 1989; Spiegel, 1996), que, a efectos de estudio, es el punto en el que se concentra la fuerza que la gravedad de la tierra ejerce sobre un cuerpo, resultado de la que afecta a cada una de sus partículas, y se refiere únicamente a la dirección vertical hacia abajo, ya que es la dirección en la que actúa dicha fuerza (Hamill y Knutzen, 1995; McGinnis, 1999). En determinadas situaciones en las que un cuerpo es tan grande que atraviesa por distintos estados gravitatorios, (como ocurre con la luna o podría ocurrir con un gran rascacielos), el CM y el CG no coinciden (Hewitt, 1995; Nigg y Herzog, 1999); de cualquier manera, aunque el CM y el CG no representan el mismo concepto, en estudios con **condiciones habituales** sobre la superficie de la tierra, a efectos prácticos se considera que ambos se encuentran situados en el mismo lugar. En este trabajo se hablará de CM y no de CG, debido a que mediante la técnica de análisis que se propone (fotogrametría en vídeo 3D) no se pueden calcular directamente fuerzas, pero sí coordenadas espaciales y por lo tanto, hallar la posición del CM.

### *2.4.3.- Métodos de determinación del centro de masas*

Todo objeto posee su CM, incluyendo los seres vivos, que a pesar de ser muy versátiles en sus movimientos permiten su cálculo por diversos métodos. Los métodos existentes se pueden clasificar en dos categorías: directos e indirectos.

#### 2.4.3.1.- MÉTODOS DIRECTOS

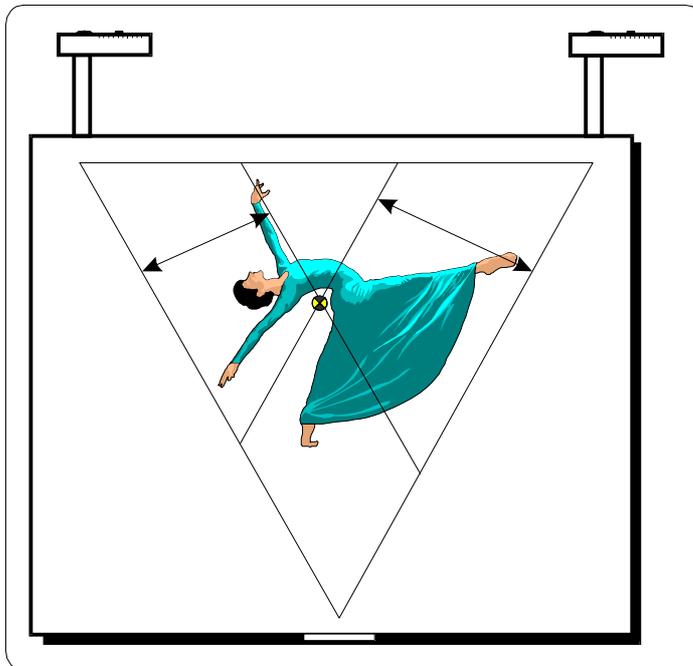
Una forma sencilla de localizar el CM consiste en colgar sucesivamente un objeto de dos de sus extremos y, tras haberse equilibrado, trazar en ambas posiciones las líneas perpendiculares al suelo desde cada punto de donde se ha colgado. El lugar en el que se cruzan las dos líneas es donde se encuentra el CM (Vidal, 1972; Burbano y Burbano, 1983; Serway, 1989; Tipler, 1989; Kane y Sternheim, 1991; Abbott, 1993). Este método ha sido empleado para calcular la posición del CM de los distintos segmentos corporales en cadáveres humanos congelados (Clauser y cols., 1969; Chandler y cols., 1975).

Otra forma sencilla de localizar el CM, desarrollada por los hermanos Weber, citada por Hochmuth (1973), consiste en colocar al sujeto encima de una tabla, previamente en equilibrio, apoyada sobre un fulcro a modo de balancín (Hay, 1993; Kreighbaum y Barthels, 1996). El CM se sitúa en la línea vertical que pasa por el fulcro cuando el sujeto está equilibrado. De esta forma, en cada ensayo sólo se tiene la localización de **un plano** de corte del CM, por lo que la ubicación tridimensional habría que buscarla localizando por separado el CM en cada uno de los tres planos. En cualquier caso, el método es difícil de realizar debido a la dificultad de mantener al sujeto inmóvil sobre la tabla.

Por medio del método de Reynolds y Lovett (1909), citado por Pearsal y Reid (1994), también se puede calcular la posición del CM sin necesidad de mantener el cuerpo en equilibrio. Se sitúa al sujeto sobre un tablón colocado por un extremo sobre una báscula y por el otro sobre un apoyo a la misma altura. Simplemente conociendo el peso registrado por la báscula (previamente y posteriormente a la colocación de la persona encima del tablón), la longitud entre los apoyos del tablón y aplicando una ecuación derivada del cálculo del momento de fuerza, se llega a conocer la situación del CM, aunque eso sí, también en un solo plano de cada vez (Rasch, 1991; Nigg y Herzog, 1999).

Otro método basado en el mismo principio, método de Basler, citado por Hochmuth (1973), permite conocer la posición del CM en **dos dimensiones** a la vez. Se utiliza una tabla cuadrada o triangular y un mínimo de dos básculas que sirven de apoyo junto con

otro punto fijo (Figura 2.22). Conociendo los valores registrados por las básculas se obtienen las coordenadas  $x$  e  $y$  de la posición del CM. Encima de esta tabla se puede colocar la persona simulando posiciones deportivas en las que se quiera hallar el CM.



**Figura 2.22-** *Cálculo del centro de masas en dos dimensiones con una tabla y dos básculas.*

La ventaja de los métodos directos es que calculan la posición del CM del sujeto en el mismo instante en que se realiza la prueba y a partir de datos extraídos directamente del individuo (lo que les da mayor precisión). Por otra parte, el inconveniente que presentan es que sólo se pueden aplicar en posiciones estáticas y no se pueden usar en situación real de competición.

#### **2.4.3.2.- MÉTODOS INDIRECTOS**

Los métodos indirectos permiten conocer la posición del CM en cualquier situación a partir de una fotografía o un vídeo tomado durante la ejecución de un movimiento o técnica deportiva. Este es un método ideal para el análisis en situación real de competición, ya que no interfiere en la actuación del deportista.

Existen diversas formas de calcular el CM por métodos indirectos. El principio en el que se basan es el de considerar al cuerpo humano como una unión de segmentos rígidos independientes. Conociendo previamente el porcentaje de peso de cada segmento respecto al peso total y la ubicación de su CM, se obtiene un sistema de momentos de fuerza parciales que equivalen a un solo momento, el cual permite conocer la posición del CM del cuerpo. Se emplea con registros en cine o vídeo localizando las posiciones de los **centros articulares** de cada segmento del modelo que se emplee.

Medir en un sujeto los porcentajes de peso de cada segmento es un proceso complicado y poco funcional. Por ello se emplean tablas publicadas en estudios precedentes con las cuales se realiza una estimación en el sujeto a analizar. Existen tablas elaboradas a partir de experimentos con cadáveres congelados (Clauser y cols., 1969; Chandler y cols., 1975). No obstante, estos datos no son del todo aplicables a cualquier población debido a que **presuponen un estereotipo** corporal que puede diferir del de la muestra del estudio que se pretende realizar. Para solventarlo se realizan estudios en poblaciones específicas como los de Jensen y Fletcher (1993, 1994) con una muestra de 19 ancianos. Por otra parte, la distribución del peso entre los distintos segmentos no es homogénea (Donskoi y Zatsiorsky, 1988; Kingma y cols., 1995), es decir, que un cuerpo sea más pesado no implica que cada uno de sus segmentos pese proporcionalmente más. Una excesiva obesidad, por ejemplo, causa gran error en el tronco.

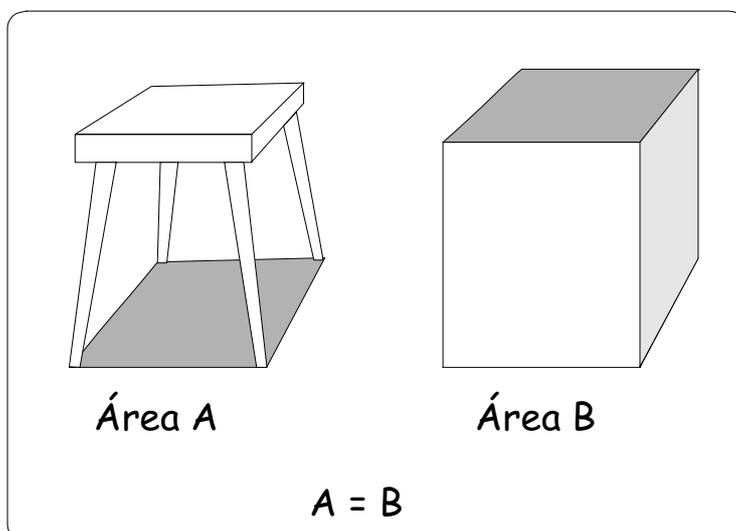
Para evitar este problema se han realizado estudios con sujetos vivos y en poblaciones numerosas, empleando sistemas de radioisótopo de gran precisión con los que se determina la geometría de las masas del cuerpo. Los inconvenientes que presentaba este sistema son que resultaba mucho más caro, requería instrumentación y personal especializado e implicaba riesgo de radiación (Sarfaty y Ladin, 1993). Más recientemente se ha experimentado con tecnologías menos dañinas como la **resonancia magnética nuclear** con resultados positivos (Mungiole y Martin, 1990). Estos métodos permiten, a partir de los resultados obtenidos, elaborar ecuaciones de regresión múltiple que resultan mucho más fiables que las tablas procedentes de estudios con cadáveres (Zatsiorsky y Seluyanov, 1983, 1985; Donskoi y Zatsiorsky, 1988).

Otro tipo de estudios son los realizados por medio de **simplificaciones geométricas** del cuerpo humano (Hanavan, 1964; Hatze, 1980; Challis, 1995; Kingma y cols., 1996). Se basan en simplificar y reducir los segmentos corporales a figuras geométricas de volúmenes conocidos. En estos modelos el error puede venir por simplificar excesivamente los contornos y por asumir que la densidad de los segmentos es constante.

Un problema que presentan los datos calculados en estos estudios a la hora de aplicarlos a la fotogrametría, es que definen los segmentos corporales en función de estructuras óseas y estas estructuras no siempre corresponden a los **centros articulares** (Hinrichs, 1990; de Leva, 1996a, 1996b; Zatsiorsky, 1998). Para solventar este problema, de Leva (1996b) propone un nuevo modelo que tiene en cuenta los centros articulares y adapta los valores de las tablas. Este es el modelo que se ha empleado para la realización de este trabajo.

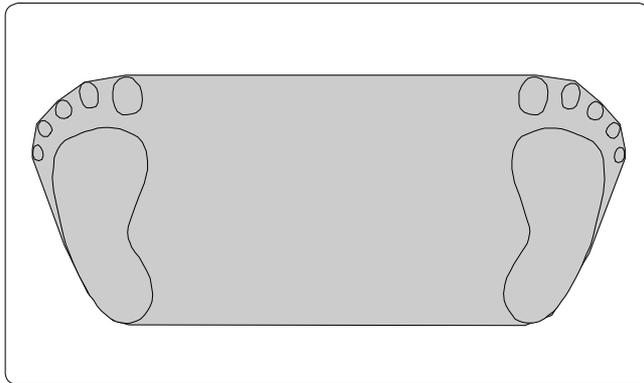
#### *2.4.4.- Relación entre el centro de masas y la base de sustentación*

La BS es el área cuyo perímetro queda definido por la unión de los puntos de apoyo más distales de un cuerpo en el suelo. Las líneas que unen esos puntos son llamadas **aristas de caída**. No es necesario que la base sea sólida (Hewitt, 1995), es decir, la BS es la misma para una banqueta de cuatro patas que para un bloque cuadrado macizo del mismo tamaño (Figura 2.23).



**Figura 2.23-** *La base de sustentación no depende de las características del objeto sino de sus puntos de apoyo más distales.*

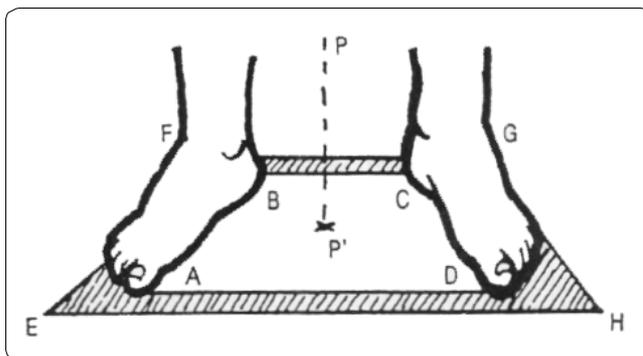
En el cuerpo humano en posición anatómica, la BS queda delimitada por los márgenes externos de los dos pies. Es decir, a los lados por la cara lateral de cada pie y los dedos, por delante la línea que une los dos dedos más salientes de cada pie, y por detrás la línea que une los talones (Figura 2.24).



**Figura 2.24-** El área sombreada representa la base de sustentación de un humano en posición anatómica.

La BS en el cuerpo humano es variable en función de la posición que adopten los pies. Aumenta o disminuye su tamaño separando o juntando los pies o bien rotándolos. De la combinación de todos estos movimientos resultan infinidad de formas geométricas de la BS. Dentro de esas posiciones existirán unas que permitan mayor estabilidad que otras en función de las condiciones externas. En principio, la BS más eficaz sería la que **mayor superficie** presentara, sin embargo existen casos en los que esto no se cumple.

A través de la relación entre el CM y la BS se puede conocer el estado de equilibrio de un cuerpo. Sacripanti (1996) establece una superficie óptima (la que queda encerrada entre los apoyos más internos de los pies) en la que la proyección del CM se puede desplazar sin peligro de desequilibrio (Figura 2.25).



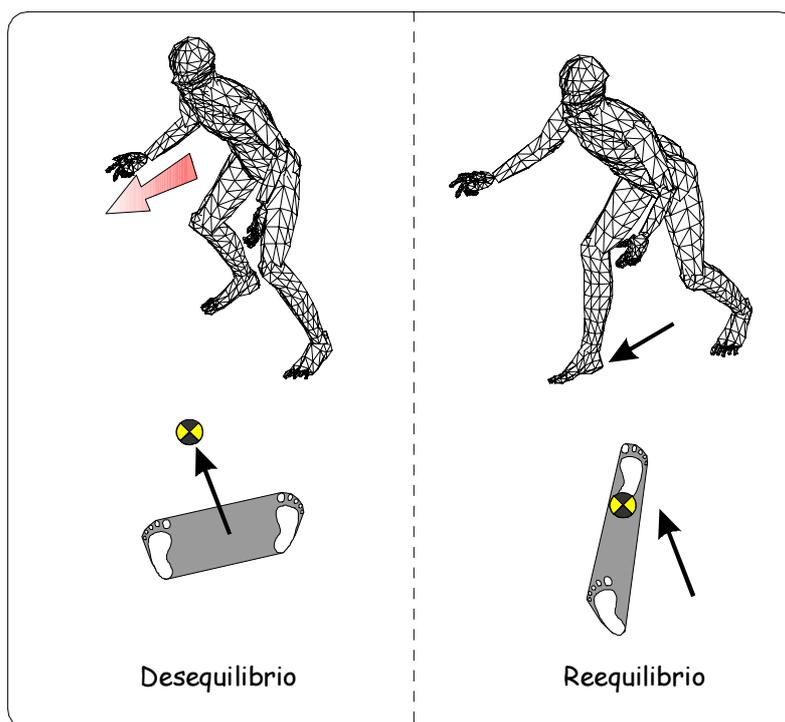
**Figura 2.25-** Subdivisión de la base de sustentación (según Sacripanti, 1996).

*ABCD= superficie óptima;*  
*EFGH-ABCD= superficie de mantenimiento;*  
*P= perpendicular del centro de masas;*  
*P'= proyección del centro de masas.*

Como se vio en un apartado anterior, cuanto más centrado se encuentra el CM dentro de la BS, más estable permanece el cuerpo, ya que es mayor la distancia que debe recorrer hasta cualquiera de los puntos de desequilibrio, que son las aristas de caída. Cuanto más cercano se encuentra de una arista de caída, más inestable se vuelve, hasta que supera el plano vertical de la arista, que es cuando pasa a estar desequilibrado.

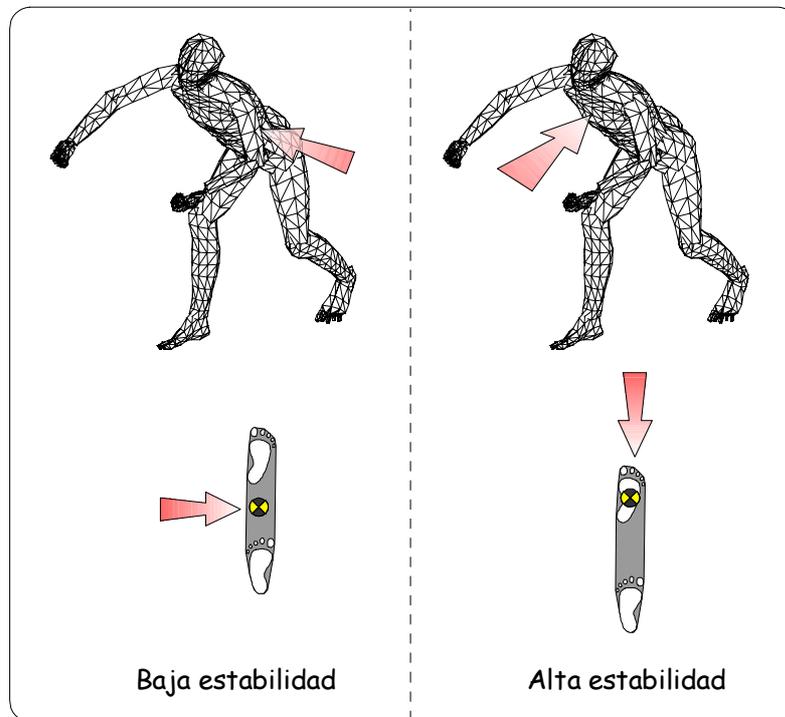
### 2.4.5.- Aplicaciones a los deportes de lucha

Con el luchador ocurre lo mismo que con cualquier otro cuerpo. Cuando su CM es sacado de su BS por acción de una **fuerza perturbadora** (es desequilibrado), si no quiere caerse deberá modificar su BS para volver a introducir el CM en ella (Figura 2.26).



**Figura 2.26-** Cuando un luchador es desequilibrado, debe modificar su base de sustentación de manera que vuelva a introducir dentro de ella la proyección del centro de masas desplazado.

Para evitar en la medida de lo posible ser desequilibrado, el luchador deberá tener en cuenta los factores comentados con anterioridad que afectan a la estabilidad de los cuerpos. Se debe mantener una BS lo más amplia posible y orientada en la dirección en que se espera que se presente la fuerza perturbadora, ya que así será mayor la dificultad para desequilibrar. Hay que tener en cuenta que una misma BS puede ser más o menos eficaz dependiendo de la **dirección de la fuerza** que intenta desequilibrarlo, como se puede apreciar en la Figura 2.27. Como norma general se debe tender a mantener el CM lo más alejado posible de las aristas de caída, es decir, centrado en la BS.



**Figura 2.27-** Una misma base de sustentación puede ser más o menos eficaz según la dirección de la fuerza perturbadora.

Por otra parte, hay que buscar que el CM esté lo más bajo posible con el objeto de que el cuerpo presente la menor energía potencial posible y los ángulos de caída sean mayores, lo cual se consigue flexionando tobillos, rodillas caderas y tronco. Respecto al peso, es obvio que en cualquier modalidad de lucha resulta ventajoso mantenerse en el peso máximo permitido por el reglamento en la categoría en que compita el luchador.

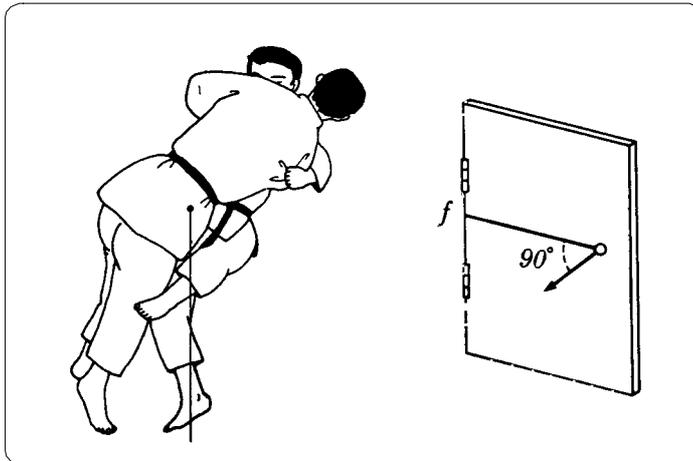
Con el fin de cumplir con estas indicaciones, es fundamental que el luchador conozca en todo momento dónde se encuentra su CM y el del contrario (Papachistos, 1969). De esta forma conseguirá una cierta ventaja sobre el oponente, ya que le será más fácil mantener su estabilidad y a la vez atacar a la del contrario.

## **2.5.- ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO BIOMECÁNICO DE LAS TÉCNICAS EN DEPORTES DE LUCHA**

La bibliografía existente sobre deportes de lucha refleja un vacío en lo que respecta a estudios experimentales que permitan un análisis que vaya más allá de la apreciación subjetiva. Quizá sean las características intrínsecas de los deportes de lucha (el carácter abierto, la incertidumbre debida al gran número de factores que intervienen, así como la rapidez con que se ponen de manifiesto) las que dificulten el planteamiento de un **análisis objetivo**. Muchos trabajos se limitan a analizar cualitativamente las técnicas de lucha, ofreciendo una perspectiva educativa (Baumann, 1987; Barbot, 1988; Vangioni, 1989; Castarlenas, 1990; Torres, 1990; Brard y Laterrade, 1992; Pérez, 1993; Collinet, 1995; Lafon, 1995; Lavie y Meuley, 1995; Margnes, 1997) o también orientada a la competición (Rocha, 1984; Castarlenas, 1993; Dopico e Iglesias, 1994; Roquette, 1994). Sin embargo, existen otros autores que aprovechan conceptos de la mecánica, como la fuerza, la palanca, la BS y el CG, para explicar las acciones que se desarrollan durante el combate. A continuación se hace un repaso de estos estudios, tanto los teóricos como los que incluyen una parte experimental.

### *2.5.1.- Estudios teóricos*

Jigoro Kano (1989), en su texto base de la disciplina del judo *Kodokan*, hace ciertas alusiones a conceptos biomecánicos cuando habla de que se debe economizar esfuerzo valiéndose de dos principios (Figura 2.28). El primero, que el derribo se ejecute después de llevar al rival a una situación de equilibrio inestable; y el segundo, que la aplicación de la fuerza al contrario debe hacerse lo más lejos posible del eje de giro y en perpendicular a la línea que une éste con el punto de aplicación de la fuerza. Esta última no es más que la aplicación a la lucha del concepto de momento de fuerza. Estos principios aún siguen prevaleciendo hoy en día y son aplicables a cualquier tipo de deporte de lucha.



**Figura 2.28-** En el Kodokan, texto base del judo, Jigoro Kano ya introducía los conceptos de desequilibrio y de momento de fuerza encaminados a facilitar el derribo del oponente.

Papachristos (1969) realiza un estudio de ocho técnicas de lucha libre analizándolas en función de las leyes de Newton, las palancas, el rozamiento y la fuerza de la gravedad. Llega a las siguientes conclusiones:

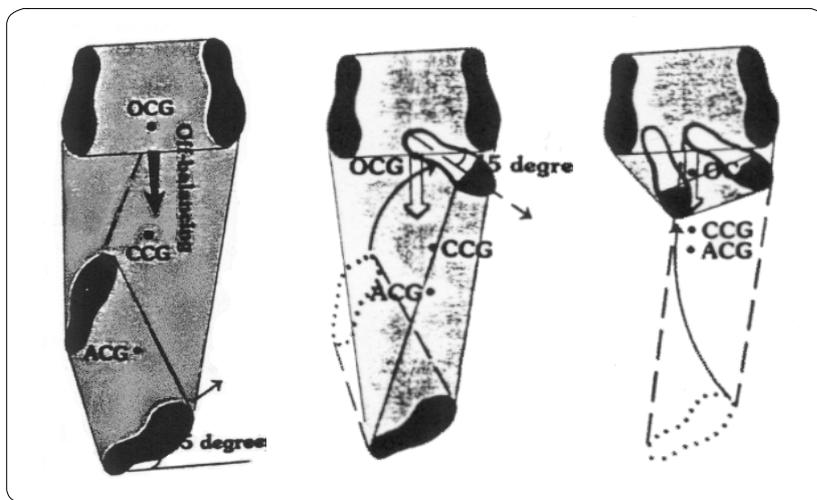
- El objetivo de la lucha es llevar al oponente a un estado de desequilibrio desplazando su CG fuera de los límites de la BS.
- El luchador debería en todo momento conocer dónde se encuentra el CG de su oponente y mantener el suyo por debajo.
- El luchador es más estable cuando su BS es mayor y cuando tiene el CG más centrado en ella y más cercano al suelo.

Mirallas (1988, 1989, 1995) pretende analizar ciertos aspectos de la biomecánica con el fin de aplicarlos a la didáctica del judo. También emplea las leyes de Newton y la ley de gravitación universal. Parte del supuesto de que el luchador está compuesto por segmentos biomecánicos que funcionan obedeciendo los principios de la dinámica. Comenta fundamentos de biomecánica aplicables al judo, referidos sobre todo al equilibrio y al **proceso del desequilibrio**.

Algunos autores realizan pequeños análisis de determinadas técnicas mediante la representación de las fuerzas que actúan sobre los luchadores (su colocación, dirección y sentido), y los ejes de giro que se producen (Almada, 1980; Lafon, 1995), aunque de una forma meramente intuitiva. Otros además hablan de los pares y momentos de fuerza que se

generan en el combate (Adrian y Cooper, 1995; Carr, 1997). Por otra parte, Takahashi (1992) analiza una técnica de barrido de judo (okuri-ashi-barai) comparando la acción de la pierna que barre con una palanca de una forma simplista.

Resulta llamativo el artículo de Justice (1990) en el que analiza el CG y BS de los dos luchadores en una técnica de lucha libre, e introduce el concepto de CG y BS **del sistema atacante-oponente** que forman los dos (Figura 2.29).



**Figura 2.29-** Desarrollo de una técnica de lucha libre a partir de la relación entre las bases de sustentación y las proyecciones de los centros de gravedad de los luchadores (de Justice, 1990).  
ACG= centro de gravedad del atacante.  
OCG= centro de gravedad del oponente.  
CCG= centro de gravedad común.

Este concepto resulta especialmente interesante de analizar en formas de lucha en las que el agarre es muy sólido, como es el caso de la Lucha Leonesa, en la que los dos contendientes están obligados a mantenerse agarrados al cinturón del contrario, formando una unidad compacta, como si se tratara de un único cuerpo.

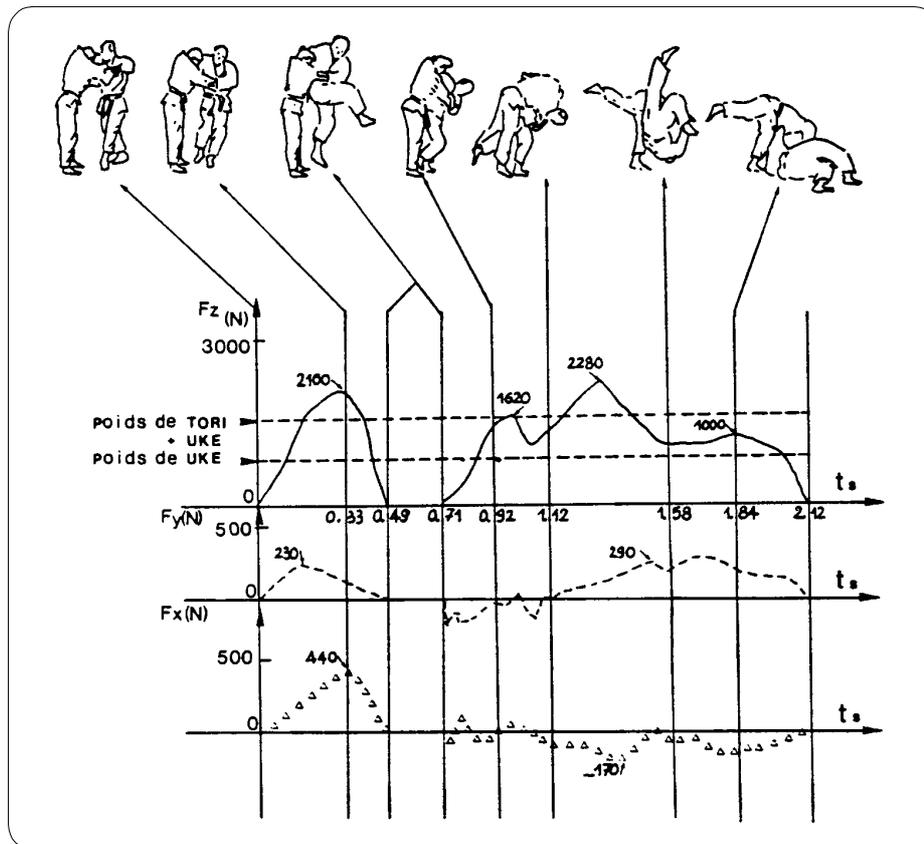
Por último, cabe destacar los trabajos de Sacripanti (1987, 1990, 1991, 1995, 1996, 1997b), en los que analiza aspectos de la dinámica en el desarrollo de la lucha. Propone una clasificación de las técnicas del judo en dos grandes categorías en función de si se ejecutan por medio de una palanca o con un par de fuerzas. Ya dentro de esas dos

categorías, hace una subdivisión con arreglo a la parte del cuerpo que realiza la acción. También utiliza estos mismos dos principios para comparar las similitudes entre las técnicas de distintas modalidades de lucha, como la lucha libre, el sumo e incluso de la Lucha Leonesa y Canaria (Sacripanti, 1990, 1996, 1997a).

### *2.5.2.- Estudios experimentales*

Se han realizado también, aunque en menor número, trabajos de tipo cuantitativo. El instrumento más utilizado es la **plataforma dinamométrica**, con la que se analizan las fuerzas de reacción sobre el suelo de los luchadores al realizar las técnicas. Tal es el caso de los estudios de Tezuka y cols. (1983) y de Trilles y cols. (1990), en los que paralelamente al registro en la plataforma dinamométrica se filma en cine de alta velocidad y se graba en vídeo (sistema PAL) respectivamente. De esta forma se obtiene la curva de fuerza tiempo sincronizada en cada instante con la imagen de la técnica realizada (Figura 2.30).

El inconveniente que presentan las plataformas de fuerzas a la hora de estudiar las técnicas de lucha, es que requieren una situación muy artificial para los luchadores, ya que están obligados a ejecutar la técnica dentro del reducido espacio delimitado por la plataforma. Esto trae consigo el riesgo de que el movimiento se vea modificado a la vez que impide el estudio en situación real de competición.



**Figura 2.30-** Estudio de una técnica de judo por medio del registro simultáneo de fuerzas de reacción sobre plataforma dinamométrica y grabación en vídeo (de Trilles y cols., 1990).



**OBJETIVOS**





Los objetivos planteados al inicio de la realización de esta tesis doctoral fueron:

- 1.- Desarrollar una metodología para estudiar la biomecánica de los deportes de lucha basada en la fotogrametría en vídeo 3D.
- 2.- Presentar criterios biomecánicos para la división en fases de las técnicas de lucha a partir del estudio del equilibrio.
- 3.- Describir la cinemática de las técnicas o mañas de la Lucha Leonesa a partir de variables cuantitativas.
- 4.- Realizar una clasificación con criterios mecánicos de las mañas de la Lucha Leonesa.
- 5.- Comparar la eficacia de las mañas de la Lucha Leonesa.





**METODOLOGÍA**





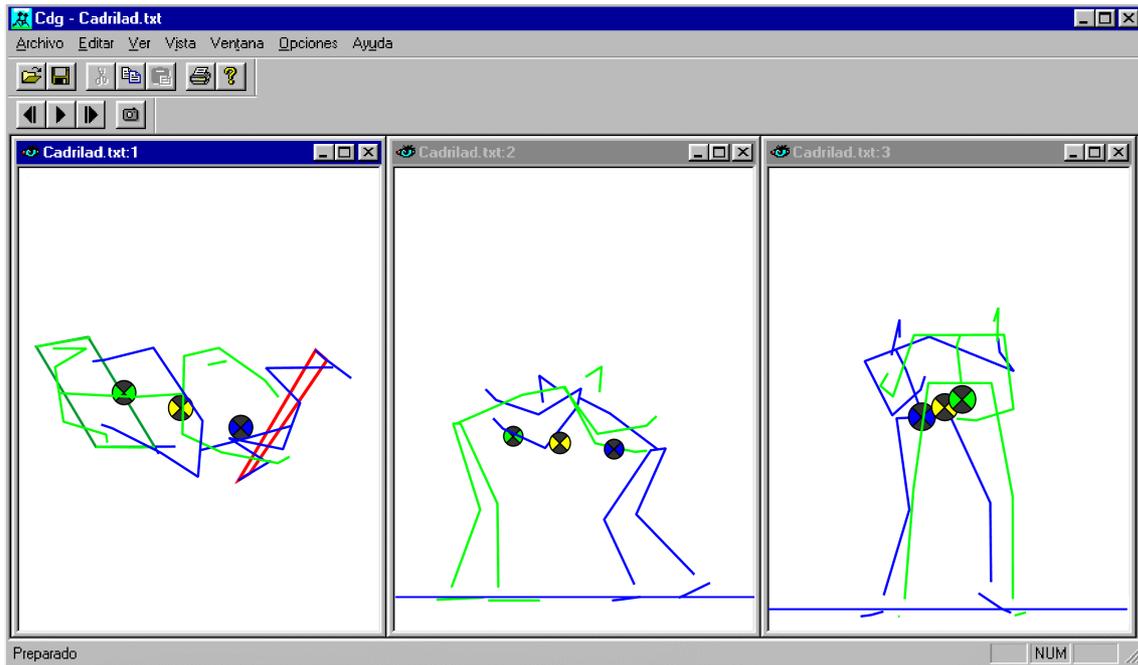
El apartado de metodología se divide en otros dos: el desarrollo metodológico, en el que se explica la aplicación informática creada para el estudio del equilibrio en los deportes de lucha, y el trabajo experimental, en el que se comentan los aspectos relacionados con el trabajo de campo.

#### **4.1.- DESARROLLO METODOLÓGICO**

Se ha creado el programa *Equilvar* 1.0 (López y cols., 1998; 1999) con un doble propósito. Por una parte, tener en tiempo real la representación de los modelos de luchadores con sus CMs y BSs, y por otra, **facilitar** el trabajo de extracción de resultados en el análisis mecánico de las técnicas de lucha, con la ventaja que supone tener el control sobre el funcionamiento interno del programa (López, 1998) y la adecuación expresa a los requerimientos del estudio que se ha realizado.

El código fuente se escribió en C++. Se empleó el entorno de desarrollo Microsoft Visual C++ 5.0 aprovechando las librerías MFC (Microsoft Foundation Classes) para la integración en el entorno Windows (Yao y Leinecker, 1996; Schwarte, 1997).

El programa trabaja con datos exportados en formato de texto procedentes de la aplicación Kinescan/IBV, en los que se incluyen por orden los datos de cada instante temporal y las coordenadas X, Y y Z del modelo de dos luchadores. Una vez abierto un fichero, se obtiene en pantalla la representación alámbrica de los dos luchadores junto con su CM y el del sistema. Se puede visualizar la escena desde la vista superior, lateral y frontal. En la vista superior, además se representa la BS, que corresponde al polígono delimitado por los puntos distales de los pies que están por debajo de un plano horizontal a una altura definida por el usuario (por defecto a 1 cm). También permite introducir la masa de los luchadores con el fin de obtener el cálculo del CM del sistema *atacante-oponente*. En la Figura 4.1 se muestra una pantalla del programa *Equilvar*.



**Figura 4.1-** Pantalla demostración del programa *Equilvar 1.0* con las tres vistas de una escena. En cada una se observa el centro de masas de cada uno de los luchadores y el del sistema atacante-oponente.

Por medio de este programa es posible, una vez terminado el proceso de digitalización, obtener rápidamente un fichero con un listado de todas las variables útiles en el estudio del equilibrio. Estas variables son descritas en profundidad en el apartado 4.2.3.3.3.1. (*Variables descriptivas*) dentro de este mismo capítulo.

El programa también permite obtener ficheros en formato gráfico *DXF* con la representación visual de los luchadores y sus CMs y BSs en cualquier instante desde las tres vistas. Este formato es compatible con cualquier software de maquetación, lo cual posibilita el empleo de los gráficos como apoyo a los datos numéricos.

## **4.2.- TRABAJO EXPERIMENTAL**

En este apartado se detallan los aspectos relacionados con el material empleado en las distintas fases del estudio, los sujetos que participaron y el diseño experimental.

### *4.2.1.- Material*

Este punto se ha dividido en dos apartados para recoger el material empleado en cada fase por separado (antropometría, grabación y laboratorio). El material de la fase de grabación es el común en estudios de fotogrametría y el de la fase de laboratorio corresponde al material necesario para obtener y analizar los datos. A continuación se hace un listado de este material.

#### **4.2.1.1.- ANTROPOMETRÍA**

- Báscula **Detecto**, con sensibilidad de 0.2 kg.
- Adipómetro **John Bull**, con sensibilidad de 0.2 mm.
- Cinta antropométrica metálica con sensibilidad de 1mm.

Obtención de la huella plantar:

- Cubeta de revelado
- Papel fotográfico **Jessop** 12x16” de grado 2.
- Revelador fotográfico blanco y negro **Agfa Neutol**.
- Fijador fotográfico **Agfa Agefix**.
- Pincel.
- Papel milimetrado.

#### **4.2.1.2.-FASE DE GRABACIÓN**

- Camascopeo **Panasonic NV MS1 EP**.
- Cámara de circuito cerrado **Panasonic WV-BL600**.

- Dos Trípodes **Manfrotto 116 MK2**.
- Magnetoscopio **Panasonic AG7350**.
- Monitor **Sony** de 12”.
- Dos Cintas de vídeo **S-VHS** de 180 min **Basf SE-180**.
- Sistema de referencia de 2x2x2 m.
- Bobina de cable de red de 50 m.
- Dos Bobinas de cable coaxial con señal de vídeo, sincronía y red de 25 m.
- Dos LEDs interconectados y un pulsador de encendido.

#### 4.2.1.3.- FASE DE LABORATORIO

- Hardware:
  - Ordenador PC con procesador 486-DX4 a 100 MHz, 40 Mb de RAM y tarjeta de captura de vídeo **MATROX COMET** con resolución de 1024x728 pixels.
  - Monitor **Phillips Brilliance 21A**, de 21”.
  - Monitor de vídeo color **Panasonic BT-D2020PY**.
  - Rack de imagen **Kinescan/IBV**, controlado por el ordenador a través del puerto serie RS-232, compuesto por los siguientes equipos:
    - a) Procesador de código de tiempos **Time Code Processor TPR 1040**.
    - b) Dos magnetoscopios **Panasonic AG7350**.
    - c) Corrector de base de tiempos **TBC JVC KM-F250**.
    - d) Matriz de vídeo **Vertical Interval matrix Switcher Kramer 4x1 VS-401**.
    - e) **Amplificador/distribuidor de vídeo**.
- Software:
  - Kinescan-IBV 8.3
  - *Equilvar* 1.0
  - Microsoft Office 97
  - Statistica 5.0
  - Microsoft Visual C++

#### *4.2.2.- Sujetos*

Para seleccionar a los luchadores se pidió la colaboración del Director del **Centro de Tecnificación de Lucha de Castilla y León**, que posteriormente colaboró como *experto* indicando las mañas mejor ejecutadas. Se escogieron dos **luchadores experimentados**, con más de cinco años compitiendo en corros de alto nivel. Los dos pertenecían a la categoría de *ligeros* (hasta 66.05 kg). En la Tabla 4.1 se describen sus características antropométricas.

Cumpliendo los protocolos de investigación con humanos (Declaración de Helsinki, 1975, modificada en 1983) y previamente a la realización de las pruebas, se les informó detalladamente de las características del estudio. El compromiso exigía tomarles medidas antropométricas y grabar en situación experimental la realización de mañas de Lucha Leonesa, sin el empleo de técnicas de análisis invasivas.

#### *4.2.3.- Diseño experimental*

En este apartado se comentan los aspectos técnicos que afectan tanto a la fase de grabación como a la fase de análisis de los datos.

##### **4.2.3.1.- ANTROPOMETRÍA**

Dentro de la antropometría se describe la obtención de las variables antropométricas de los dos luchadores, así como la obtención de la huella plantar por medio de fotopodograma.

##### *4.2.3.1.1.- Medidas antropométricas*

Antes de comenzar la fase de grabación se les tomaron medidas antropométricas: la talla, la envergadura y el peso, y se siguió el método de los pliegues cutáneos (Esparza, 1993). El cálculo del porcentaje de grasa se obtuvo utilizando la ecuación de Carter (1984),

para el cálculo del peso óseo se empleó la ecuación de Von Döbeln (1964) modificado por Rocha (1975), el peso residual se calculó por la ecuación de Wörch y el somatotipo, mediante el método antropométrico de Heath-Carter (Carter y Heath, 1990). En la Tabla 4.1 se presentan los valores resultantes de las mediciones antropométricas.

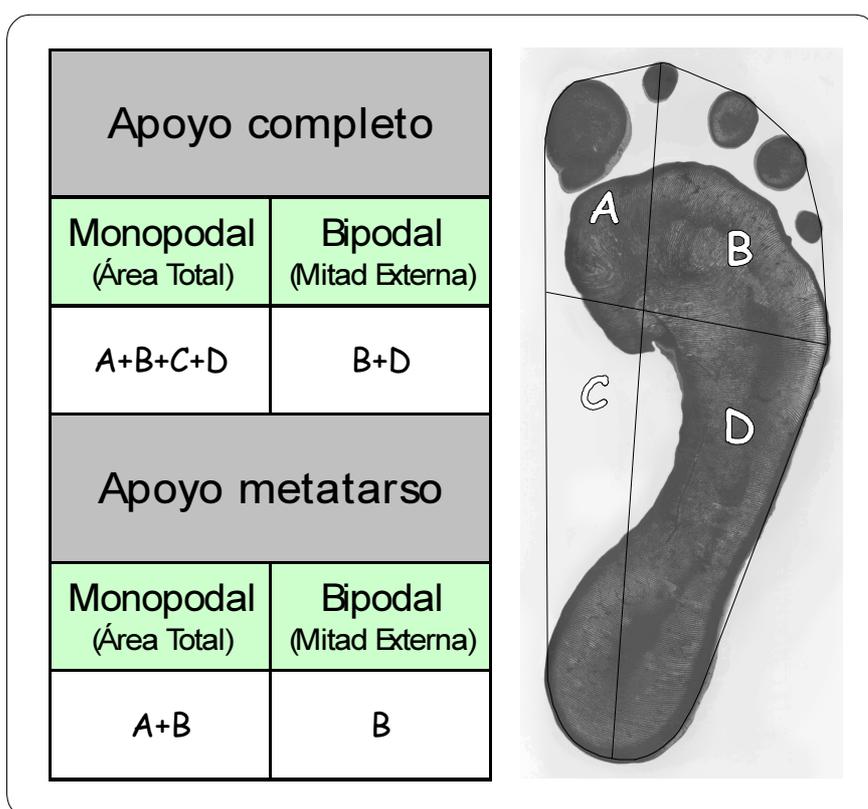
<b>Atacante</b>			
<b>Talla (m)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Envergadura (m)</b>	
1.65	66	171	
<b>Diámetros (cm)</b>			
Humeral	Estiloide	Femoral	
7	5.8	9.6	
<b>Perímetros (cm)</b>			
Brazo contraído	Relajado	Muslo	Pierna
35	33	56.8	5.5
<b>Pliegues (mm)</b>			
Tríceps	Subescapular	Iliaco	
11	12	10.5	
Abdominal	Muslo	Pierna	
14	23	13	
<b>Composición Corporal</b>			
% Grasa 6 p.	% Músculo 6 p.	% Óseo	% Residual
11.74	47.65	16.51	24.1
<b>Somatotipo</b>			
Endomorfo	Mesomorfo	Ectomorfo	
3.34	6.16	1.31	
Valoración: ENDO-MESOMORFO			
<b>Oponente</b>			
<b>Talla (m)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Envergadura (m)</b>	
1.74	66.2	175	
<b>Diámetros (cm)</b>			
Humeral	Estiloide	Femoral	
6.8	5.5	9.2	
<b>Perímetros (cm)</b>			
Brazo contraído	Relajado	Muslo	Pierna
30.2	27	51	34.5
<b>Pliegues (mm)</b>			
Tríceps	Subescapular	Iliaco	
6.2	9	5.5	
Abdominal	Muslo	Pierna	
6.3	10.5	5.8	
<b>Composición Corporal</b>			
% Grasa 6 p.	% Músculo 6 p.	% Óseo	% Residual
10.75	48.56	16.58	20.9
<b>Somatotipo</b>			
Endomorfo	Mesomorfo	Ectomorfo	
1.95	3.49	2.28	
Valoración: MESOMORFO BALANCEADO			

**Tabla 4.1-** Características antropométricas de los luchadores.

#### 4.2.3.1.2.- Área de la huella plantar

Como se explicará más adelante, en este trabajo se empleó la fotogrametría en vídeo 3D, digitalizando sobre las grabaciones de los luchadores los puntos del modelo escogido. Esto presenta problemas a la hora de calcular la BS, ya que de los pies se obtiene únicamente una representación lineal de la parte medial, con lo cual, se pierde el área de pie externa a esa línea y que sin embargo está apoyada. Para evitar este error, se obtuvo la impresión de la **huella plantar** mediante el método del fotopodograma (Viladot, 1989; Aguado e Izquierdo, 1995; Aguado y cols., 1997b) por medio del cual se obtiene un registro permanente sobre papel fotográfico. El registro de la huella permite estudiar diversos aspectos de la función de apoyo, como son los dermatoglifos, las hiperqueratosis, la BS y también las modificaciones de su contorno tras esfuerzo (Sirgo y Aguado, 1991a, 1991b, 1992; Sirgo y cols., 1992) con el método de valoración de Hernández Corvo (1990, 1996).

Se delimitó el contorno de la huella para calcular el área en las distintas situaciones de apoyo que pueden darse durante el combate: apoyo bipodal o monopodal y apoyo completo o de metatarso (Figura 4.2).



**Figura 4.2-**  
Distintas regiones en que se divide el pie para el cálculo de la base de sustentación.

En el apoyo bipodal se suma el área de la mitad externa de cada pie al área entre los pies calculada con los puntos digitalizados (desde el punto más saliente de la puntera hasta el más saliente del talón). Cuando el apoyo es de metatarso se suma el área del antepié, tomando como división la línea que pasa aproximadamente por el primer y el quinto metatarsiano. Con la ayuda de papel milimetrado se calcularon por separado las áreas en cada situación en los dos pies de cada luchador. En la Tabla 4.2 se presentan los resultados organizados en grupos.

ATACANTE				OPONENTE			
Apoyo completo				Apoyo completo			
Pie Derecho		Pie Izquierdo		Pie Derecho		Pie Izquierdo	
Monopodal (Área Total)	Bipodal (Mitad Ext.)						
1.59	0.82	1.61	0.88	1.60	0.52	1.70	0.54
Apoyo metatarso				Apoyo metatarso			
Pie Derecho		Pie Izquierdo		Pie Derecho		Pie Izquierdo	
Monopodal (Área Total)	Bipodal (Mitad Ext.)						
0.61	0.40	0.67	0.35	0.51	0.22	0.47	0.28

**Tabla 4.2-** Área de los pies de los dos luchadores en las distintas situaciones que se pueden dar en el combate. Los valores están expresados en  $dm^2$

#### 4.2.3.2.- FASE DE GRABACIÓN

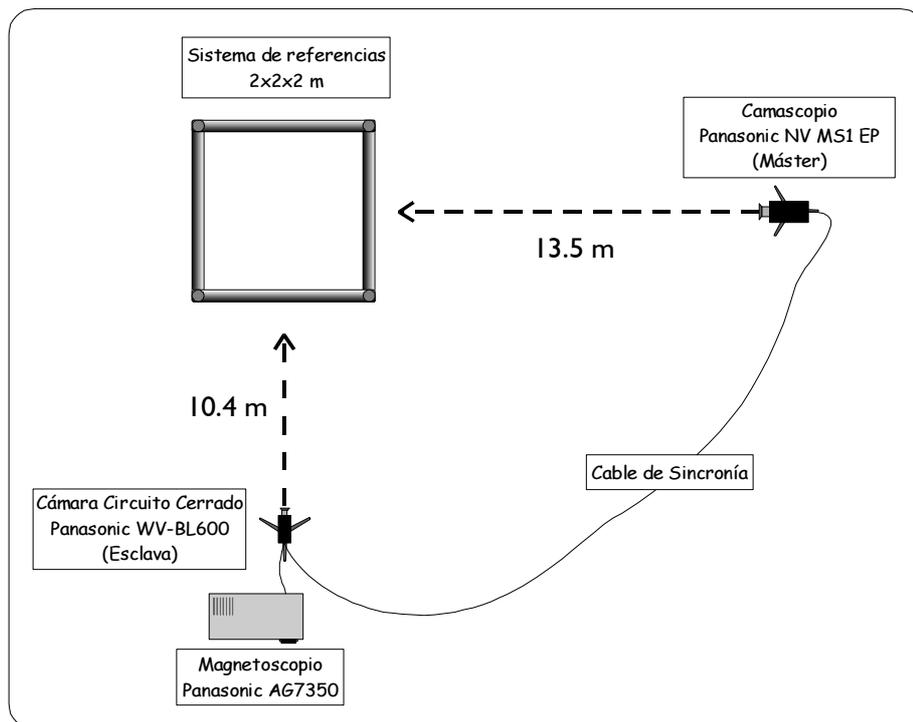
La grabación de las mañas se realizó en un campo abierto con césped natural, tal como sucede en los **corros de competición**. En esta fase se grabó el sistema de referencias y la ejecución de las mañas de lucha.

La ventaja que presenta la metodología empleada (fotogrametría en vídeo 3D) es que no interrumpe de ninguna manera la ejecución de los atletas ni requiere colocar ningún dispositivo sobre ellos, con lo cual resulta ideal para ser empleada en situación real de

competición y también en situación de laboratorio, sin que se comprometiera una disminución del rendimiento de los luchadores.

#### *4.2.3.2.1.- Colocación de las cámaras*

Plagenhoef (1971; citado por Soto, 1995) afirma que las cámaras deben colocarse a la mayor distancia posible del objeto a grabar para poder emplear el teleobjetivo de la lente y reducir la deformación óptica que se produce con distancias focales pequeñas. En este estudio se colocaron asentadas sobre trípodes Manfrotto 116 MK2 a una distancia del centro del sistema de referencias de 13.5 m en la cámara máster (Panasonic NV MS1 EP) y 10.4 m en la cámara esclava (Panasonic WV-BL600). Estas longitudes permitieron emplear distancias focales mayores de 70 mm, suficientes para evitar la **deformación óptica**. Entre las direcciones de grabación de ambas cámaras quedaba formado un ángulo cercano a los 90°, como se recomienda para realizar los cálculos de la reconstrucción espacial por medio de la DLT (Direct Linear Transformation) (Abdel-Aziz y Karara, 1971). Este método, no obstante, permite angulaciones entre los 30° y 140° (Ariel, 1994; citado por Soto, 1995). Finalmente, se colocó un LED electrónico delante del objetivo de cada cámara, en la esquina superior izquierda, de forma que se viera su luz al encenderse pero sin estorbar la imagen. Los dos LEDs se encendían a la vez mediante un pulsador que accionaba el investigador en cada ejecución, con el objetivo de tener un evento simultáneo en las grabaciones de las dos cámaras. En la Figura 4.3 se presenta un esquema de la situación del espacio de grabación en visión cenital.



**Figura 4.3-** Esquema en visión cenital de la colocación de las cámaras en el estudio.

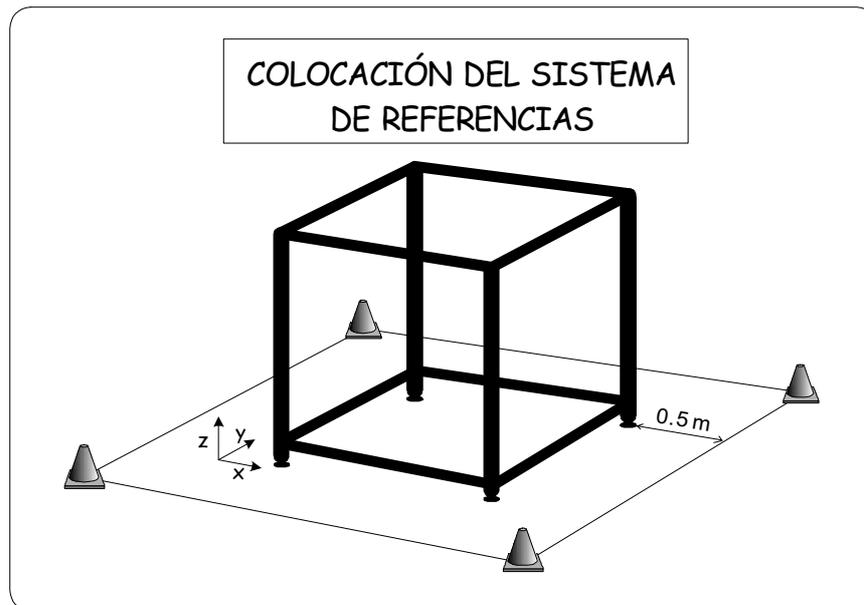
#### *4.2.3.2.2.- Frecuencia de muestreo y velocidad de obturación*

La frecuencia de muestreo fue de 50 Hz, que es la que establece el sistema de vídeo europeo PAL (Calvert y Bruderlin, 1995). Respecto a la velocidad de obturación, aprovechando las buenas condiciones de luminosidad, se obturaron las cámaras a 1/1000 s, ya que de este modo quedaba asegurada la nitidez de la imagen incluso en los movimientos más rápidos. Las dos cámaras estaban **sincronizadas** por medio de cable coaxial, de forma que cada instante temporal recogido por la cámara máster corresponde exactamente al mismo instante recogido por la cámara esclava.

#### *4.2.3.2.3.- Sistema de referencias*

Como sistema de referencias se empleó un cubo formado por barras de aluminio unidas en sus vértices por crucetas separadas entre sí 2 m. Dispone de patas ajustables en altura que permiten nivelarlo en suelos irregulares (Figura 4.4). Existen estudios que

establecen un mínimo de 6 puntos para realizar los cálculos tridimensionales de la DLT y determinan que por encima de 8 puntos las mejoras en disminución del error son despreciables (Challis y Kerwin, 1992a; Chen y cols., 1994), de modo que los 8 puntos del cubo son adecuados.



**Figura 4.4-** Esquema del sistema de referencias empleado en el estudio fotogramétrico y la delimitación del espacio a utilizar por los luchadores.

El sistema de referencias debe abarcar la mayor parte del espacio en el que se realizan los movimientos a analizar para evitar cometer errores en el cálculo de la DLT (Hatze, 1988; Kennedy y cols., 1989; Angulo y Dapena, 1992; Challis y Kerwin, 1992b; Challis, 1995; Hinrich y McLean, 1995; Wood y Marshall, 1996; Borghese y cols., 1997). Por esta razón **se delimitó el espacio** en el que se realizarían las mañas con conos a 3 m de separación (0.5 m más por cada lado del sistema de referencias), para que los luchadores no se salieran de él y tuvieran referencias espaciales antes de iniciar cada maña. En cualquier caso, el espacio delimitado era lo suficientemente amplio como para no coartar los movimientos de los luchadores.

#### 4.2.3.2.4.- Ejecución de las mañas

Antes de empezar la grabación, los luchadores realizaron un calentamiento de 10 min similar al que realizan en competiciones oficiales. Consistió en ejercicios de movilidad articular, estiramientos y finalmente la ejecución de varias mañas.

Al finalizar el calentamiento se pusieron las cámaras a grabar y ya no se detuvieron hasta acabar el experimento. Los luchadores realizaron las 15 mañas consideradas **básicas** en la Lucha Leonesa (López y Flórez, 1995; López, 1999). Cada una fue repetida tres veces, a no ser que el *experto* considerara necesarias nuevas repeticiones por no haber alcanzado un nivel técnico óptimo. En cualquier caso esto fue necesario únicamente en una ocasión, al ejecutar la *cadriada*, en la que se realizaron cuatro repeticiones. Entre cada repetición se realizaba una pausa de 1 min de descanso, mientras que entre maña y maña la pausa era de 3 min.

Todas las mañas fueron realizadas con el *agarre a la mano derecha*, es decir, con la mano derecha agarrando el cinturón por detrás de la espalda del oponente y la mano izquierda al costado derecho. En la Tabla 4.3 puede verse el orden de realización de las mañas que se siguió en la grabación.

1- Golpe de cadera	8- Dedilla
2- Media vuelta	9- Trespiés
3- Retortijón	10- Rodillín
4- Garabito	11- Gocha
5- Mediana	12- Cadriada
6- Zancajo por dentro	13- Saque a vueltas
7- Tranque por detrás	14- Remolino
	15- Sobaquillo

**Tabla 4.3-** Orden de ejecución de las mañas de la Lucha Leonesa seguido en la grabación de la fase experimental.

#### 4.2.3.3.- FASE DE ANÁLISIS

En la fase de análisis se seleccionó la ejecución más correcta de cada maña, se digitalizaron para obtener las variables del estudio y el análisis de la reproducibilidad de la digitalización, se extrajeron los resultados y finalmente se realizó el tratamiento estadístico.

##### 4.2.3.3.1.- Mañas seleccionadas

Para seleccionar las mañas mejor ejecutadas, se contó con la colaboración del *experto*. Se visualizaron una por una todas las repeticiones de cada maña y se anotó cuál de ellas sería analizada. Para ello fue necesaria una visualización meticulosa, en primer lugar a velocidad normal y después a cámara lenta con paradas, avances y retrocesos.

En la Tabla 4.4 se indica el número de la repetición seleccionada que corresponde a cada maña ejecutada en la grabación.

Nombre de la maña	Nº repetición seleccionada
Golpe de cadera	3 <sup>a</sup>
Media vuelta	2 <sup>a</sup>
Retortijón	1 <sup>a</sup>
Garabito	1 <sup>a</sup>
Mediana	2 <sup>a</sup>
Zancajo por dentro	3 <sup>a</sup>
Tranque por detrás	1 <sup>a</sup>
Dedilla	3 <sup>a</sup>
Trespiés	2 <sup>a</sup>
Rodillín	1 <sup>a</sup>
Gocha	2 <sup>a</sup>
Cadrilada	4 <sup>a</sup>
Saque a vueltas	3 <sup>a</sup>
Remolino	2 <sup>a</sup>
Sobaquillo	2 <sup>a</sup>

**Tabla 4.4-** Número de la repetición seleccionada de cada maña.

#### **4.2.3.3.2.- Proceso de digitalización**

La digitalización se llevó a cabo empleando el sistema de análisis cinemático 3D Kinescan/IBV. El equipo se compone de un rack optimizado para el manejo de las imágenes de vídeo conectado a un PC a través del puerto RS-232C y controlado por el programa Kinescan/IBV v. 8.2.

Para digitalizar se realizó una copia de las grabaciones originales, manteniendo el formato S-VHS, incorporando un código de tiempos que permite al ordenador reconocer las escenas y localizarlas en la cinta. Posteriormente se creó un **modelo** específico de dos luchadores adaptado a las necesidades del estudio.

Como se detallará en apartados posteriores, antes de comenzar con la digitalización de todas las mañas, se realizó un estudio de la reproducibilidad de la digitalización repitiendo el proceso cinco veces con una misma maña. Esta prueba sirvió a la vez para introducir los parámetros de suavizado optimizados en el resto de mañas.

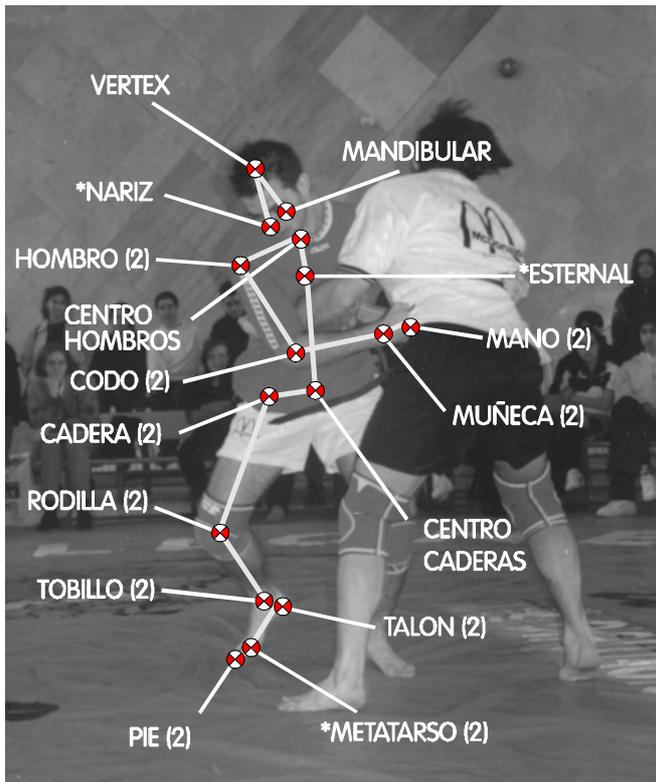
##### **4.2.3.3.2.1.- Modelo**

El modelo empleado consta de 26 puntos por luchador, es decir, 52 puntos en el sistema *atacante-oponente*, de los cuales 48 son *reales* (se marcan en el fotograma) y 4 *auxiliares* (se crean automáticamente entre dos puntos reales). Los puntos se localizan en los centros articulares (como el hombro o la rodilla) o en puntos anatómicos cuando corresponden a extremos distales (como el vértex o la punta del pie). En la Tabla 4.5 se presentan los puntos que componen el modelo del luchador y el tipo de punto de que se trata.

Nº	Nombre	Tipo	Nº	Nombre	Tipo
1	Vértex	Punto anatómico	14	Metatarso Der.	Centro articular
2	Mandíbula	Punto anatómico	15	Talón Der.	Punto anatómico
3	Nariz	Punto anatómico	16	Tobillo Der.	Centro articular
4	Mano Der.	Punto anatómico	17	Rodilla Der.	Centro articular
5	Muñeca Der.	Centro articular	18	Cadera Der.	Centro articular
6	Codo Der.	Centro articular	19	Cadera Izq.	Centro articular
7	Hombro Der.	Centro articular	20	Centro Caderas	Punto auxiliar
8	Hombro Izq.	Centro articular	21	Rodilla Izq.	Centro articular
9	Centro Hombros	Punto auxiliar	22	Tobillo Izq.	Centro articular
10	Codo Izq.	Centro articular	23	Talón Izq.	Punto anatómico
11	Muñeca Izq.	Centro articular	24	Metatarso Izq.	Centro articular
12	Mano Izq.	Punto anatómico	25	Pie Izq.	Punto anatómico
13	Pie Der.	Punto anatómico	26	Supraesternal	Punto anatómico

**Tabla 4.5-** Descripción de la mitad de los puntos que forman parte del modelo empleado en el proceso de digitalización. La otra mitad corresponde a los 26 puntos del otro luchador.

De los 52 puntos, únicamente 44 son necesarios para calcular los CMs de los luchadores según el modelo de de Leva (1996a; 1996b) adaptado para el estudio fotogramétrico del modelo anatómico de Zatsiorsky (Zatsiorsky y Seluyanov, 1983; Zatsiorsky y Seluyanov, 1985; Donskoi y Zatsiorsky, 1988; Zatsiorsky, 1998), compuesto por 14 segmentos, que es el más empleado para la representación del cuerpo humano (Dapena y McDonald, 1989). Al modelo de de Leva se han añadido los dos puntos de las cabezas de los segundos metatarsianos de cada pie para aumentar la sensibilidad del cálculo de la BS. También se han añadido el esternal y la nariz para mejorar la **percepción del movimiento**, ya que permiten conocer la flexión del tronco y la rotación longitudinal de la cabeza. De este modo resulta un modelo de 18 segmentos. En la Figura 4.5 está representado el modelo en el hemicuerpo derecho de uno de los luchadores.



**Figura 4.5-** Modelo de 52 puntos (26 puntos por luchador) empleado en la digitalización. En el dibujo se muestran los puntos y segmentos del hemicerpo derecho de uno de los luchadores.

(\*) Puntos que no son necesarios para calcular el centro de masas del luchador.

#### 4.2.3.3.2.2.- Frecuencia de muestreo

El condicionante que supone tener que sorprender al oponente para derribarlo, obliga a que los luchadores se muevan de forma súbita. Sin embargo, a pesar de que esto pueda hacer pensar que son movimientos muy rápidos, no llegan al nivel de velocidad crítica que alcanzan otras técnicas deportivas como los lanzamientos. La velocidad de movimientos en los deportes de lucha se ve restringida por dos causas:

- Se movilizan cargas elevadas.
- La oposición del contrario no permite desarrollar la máxima aceleración.

Las duraciones de las mañas analizadas oscilan entre 1.2 y 3.66 s, que son tiempos bastante elevados teniendo en cuenta la gran cantidad de puntos que hay que digitalizar en cada campo. Por esta razón se debe **ajustar** la frecuencia de digitalización a la que permita el algoritmo de suavizado, con el fin de optimizar el proceso. Para ello, se digitalizó el

*garabito* a 50 campos/s (máxima frecuencia permitida por el sistema PAL) y a 10 campos/s, suavizando los puntos a 50 campos/s. Se calcularon las diferencias existentes en las variables analizadas en el estudio, tomando como referencia la digitalización a 50 campos/s. Se observó que no existían diferencias apreciables entre las dos frecuencias. Debido a estas razones, en la digitalización se usó una frecuencia de muestreo de 10 campos/s.

#### 4.2.3.3.2.3.- Reproducibilidad de la digitalización

Con el fin de analizar la reproducibilidad del proceso de digitalización, se digitalizó cinco veces la misma maña (*garabito*) y se compararon los valores obtenidos de las tres coordenadas de cada punto **sin suavizar** por medio del cálculo estadístico del análisis de la varianza (ANOVA) y las desviaciones típicas máximas (SD<sub>máx</sub>). De esta forma se conoce hasta qué punto el digitalizador coincide en el marcaje de los puntos del modelo durante la maña al repetir varias veces el proceso.

Previamente a la realización de los cálculos de ANOVAs se comprobó la homogeneidad de la varianza de la muestra, resultando que todos los grupos de datos cumplen con la asunción de homogeneidad de la muestra.

#### 4.2.3.3.2.4.- Nivel extrapolación

Se calculó el nivel de extrapolación en el total de las mañas con el fin de conocer el número de puntos que quedaban fuera del espacio abarcado por el sistema de referencias. Debido a que el espacio estaba delimitado, los luchadores tenían una **referencia** del espacio en el que debían moverse, con lo cual no resultó un gran número de puntos externos. En el apartado de los resultados se incluyen los valores del nivel de extrapolación de cada maña (Tabla 5.4).

#### 4.2.3.3.2.5.- Suavizado

El suavizado se llevó a cabo mediante el método estadístico GCV (*Generalized cross-validation*) desarrollado por Woltring (1985, 1986, 1995) con splines de orden 5. Para mejorar el proceso de suavizado, se calcularon las SDmáx de cada coordenada de cada punto en cinco digitalizaciones de la maña *garabito*, y se introdujeron en la matriz de pesos del algoritmo de suavizado. De este modo se consigue que el suavizado ajuste las curvas al máximo según las características propias de la técnica estudiada. Se asume que todas las mañas son de similares características y que tienen el mismo error, con lo que la matriz de pesos utilizada es la misma para todas las mañas.

#### 4.2.3.3.3.- Extracción de resultados y tratamiento de datos

Una vez concluido el proceso de digitalización, se procedió a la extracción de resultados. Para ello se empleó el programa *Equilvar* 1.0 (López y cols., 1998; 2000a), creado en este estudio específicamente para analizar las variables de equilibrio. El programa genera unos ficheros que contienen la información de cada variable a lo largo de la ejecución de las mañas. Posteriormente estos ficheros fueron exportados a la hoja de cálculo Excel 97 para realizar la graficación pertinente. También se empleó el programa Statistica 5.0 para el análisis de la reproducibilidad de la digitalización (ANOVA y SDmáx).

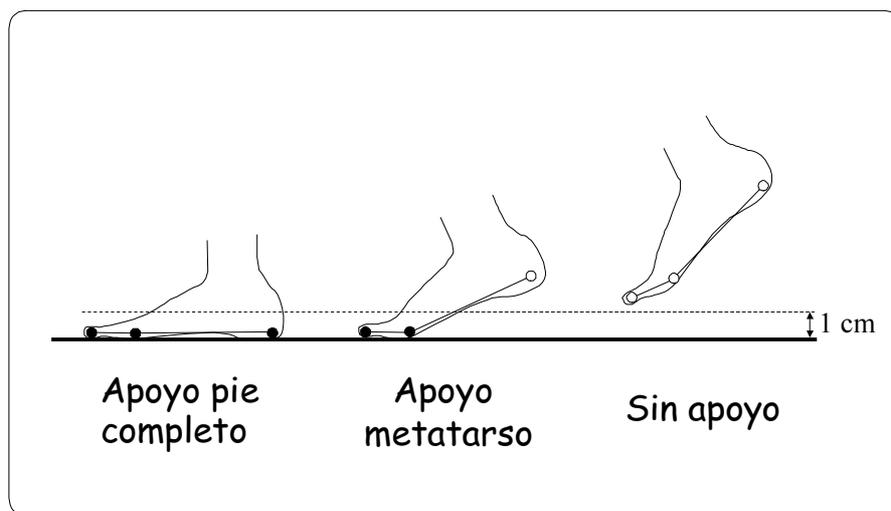
Así mismo, se confeccionó una **planilla** compuesta por tres hojas. En la primera se incluyen los datos numéricos relevantes, correspondiendo al atacante las variables con la abreviatura *At* y al oponente las que llevan la abreviatura *Op*; en la segunda los cronogramas o representaciones gráficas de los luchadores en los instantes de cambio de fase y en la tercera gráficas de las variables más interesantes, tal y como se describe a continuación.

#### 4.2.3.3.3.1.- Variables descriptivas

En esta primera hoja se incluyen las variables extraídas por el programa *Equilvar*. Las variables que se han analizado en las mañanas son de dos tipos: discretas y continuas. Se entiende por discretas las que son puntuales, es decir, que se dan en un instante concreto, mientras que continuas son las que se van acumulando a lo largo del tiempo.

##### 4.2.3.3.3.1.1.- Discretas

a) **Área de la BS del luchador:** área en  $\text{dm}^2$  del polígono que forman los apoyos de cada luchador en el suelo. Cada pie tiene tres puntos sensibles: la puntera, la cabeza del segundo metatarsiano y el talón. Se considera que uno de estos puntos está apoyado cuando su coordenada Z (vertical) es menor de 1 cm (Figura 4.6).



**Figura 4.6-** Los puntos del pie se consideran apoyados en el suelo cuando su coordenada Z (vertical) se encuentra por debajo de 1 cm.

En cada pie se pueden presentar cinco situaciones:

- 1.- Apoyo completo del pie (se considera la puntera y el talón).
- 2.- Apoyo del antepié (se considera la puntera y la cabeza del segundo metatarsiano).

- 3.- Apoyo del retropié (se considera el talón y la cabeza del segundo metatarsiano).
- 4.- Apoyo sobre la puntera.
- 5.- Apoyo sobre el talón.

Contando los dos pies se pueden formar combinaciones de entre cero y cuatro apoyos. Si se simplifica la gran cantidad de combinaciones posibles, los polígonos que se pueden formar son: cuadrangulares, triangulares, lineales o puntuales. Los cuadrangulares se calculan dividiéndolos en dos mitades triangulares y calculando el área de cada una de ellas. El área de los triángulos se calcula según la Ecuación 4.1

$$A = \frac{b \times h}{2}$$

**Ecuación 4.1-** Cálculo del área de un triángulo, donde  $A$ = área;  $b$ = base;  $h$ = altura.

Para conocer la base del triángulo a partir de las coordenadas espaciales, se calcula la distancia entre dos puntos (Ecuación 4.2)

$$b = d(P, Q) = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$$

**Ecuación 4.2-** Distancia entre dos puntos,  $b$ = base del triángulo;  $P$  y  $Q$ = puntos del espacio, en este caso los puntos del pie apoyados;  $x_0$  e  $y_0$ = coordenadas del punto  $P$ ;  $x_1$  e  $y_1$ = coordenadas del punto  $Q$ .

La altura del triángulo se conoce calculando la distancia del tercer punto a la recta que forma la base. Para ello es necesario recurrir a la *ecuación implícita de la recta* (Ecuación 4.3).

$$Ax + By + C = 0$$

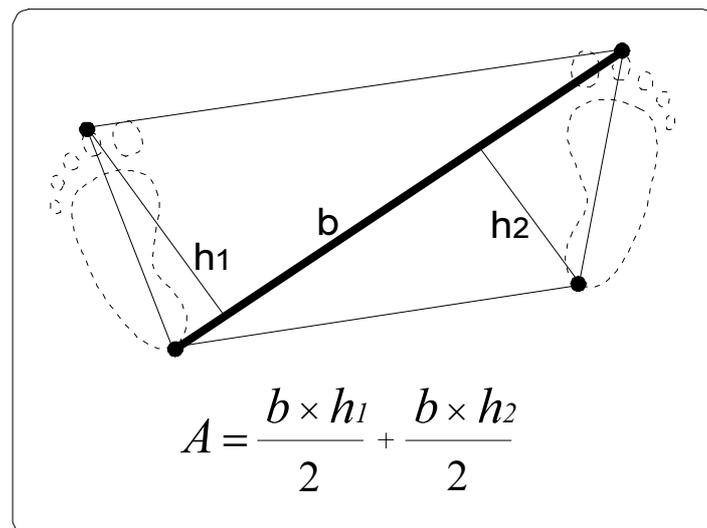
**Ecuación 4.3-** Ecuación implícita de la recta.

Tras despejar en una serie de pasos, se llega a la Ecuación 4.4.

$$h = d(P, r) = \frac{|m \times x_0 - y_0 - m \times x_1 + y_1|}{\sqrt{m^2 + 1}}$$

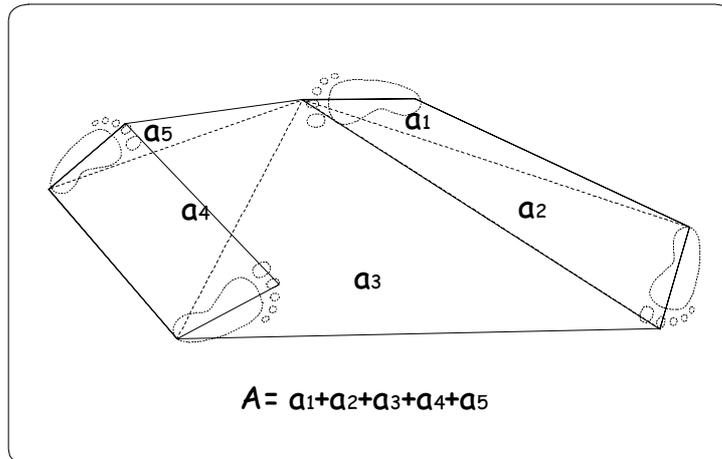
**Ecuación 4.4-** Ecuación de la distancia de un punto a una recta, donde  $h$ = altura del triángulo;  $d(P, r)$ = distancia del punto  $P$  a la recta  $r$ ;  $m$ = pendiente de la recta;  $x_0$  e  $y_0$ = coordenadas del punto de la recta;  $x_1$  e  $y_1$ = coordenadas del punto externo a la recta.

En la Figura 4.7 se presenta un esquema gráfico en el que se demuestra la forma de realizar los cálculos del área del triángulo.



**Figura 4.7-** Representación esquemática del cálculo del área de la base de sustentación.

**b) Área de la BS del sistema:** área en  $m^2$  cuyos vértices corresponden a los puntos de apoyo más externos de los dos luchadores. Su cálculo se realiza dividiendo en triángulos la superficie y sumando sus áreas (Figura 4.8).



**Figura 4.8-** Para calcular la base de sustentación del sistema se divide el polígono en triángulos y se suman sus áreas.

**c) Altura del CM:** altura en metros a la que se encuentra el CM de cada luchador. Corresponde a la coordenada Z de la posición del CM.

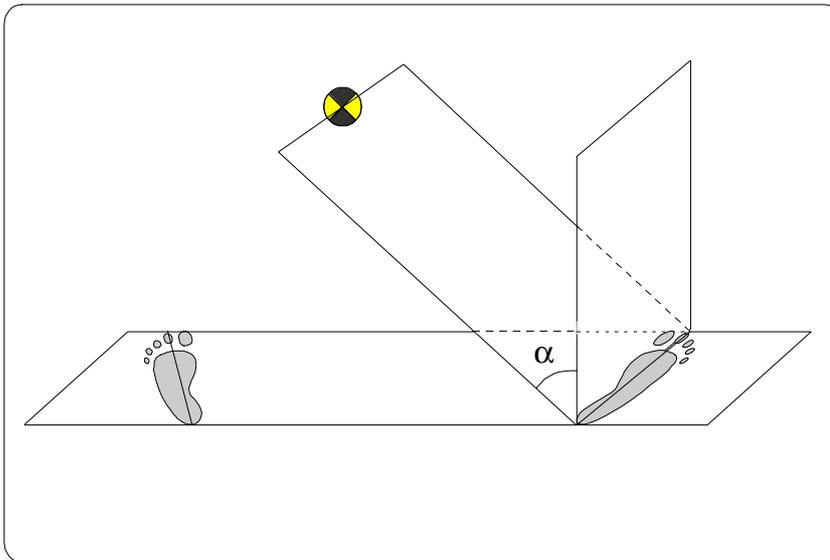
**d) Distancia entre los CMs:** distancia real en metros entre los CMs de los dos luchadores. Se calcula por medio de la Ecuación 4.5 para el cálculo tridimensional de la distancia entre dos puntos.

$$d(P,Q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2 + (p_z - q_z)^2}$$

**Ecuación 4.5-** Cálculo tridimensional de la distancia entre dos puntos, donde  $d$ = distancia;  $P$  y  $Q$ = puntos del espacio entre los que se calcula la distancia.

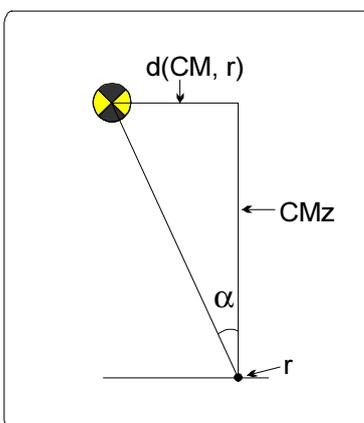
**e) Número de aristas de caída:** se indica el número de aristas de caída que presenta cada luchador en el instante tomado. Las aristas de caída son los lados del polígono que forman los puntos apoyados en el suelo. La orientación de las aristas de caída da idea de los lugares por donde es más probable que se desequilibre un objeto (Aguado, 1993).

**f) Menor ángulo de caída:** valor del menor ángulo de caída en grados. Los ángulos de caída se calculan midiendo los grados entre el plano vertical que contiene a la arista de caída y el plano inclinado que contiene a la arista de caída y pasa por el CM del luchador (Figura 4.9).



**Figura 4.9-** El ángulo de caída se calcula entre el plano vertical de la arista de caída y el plano que pasa por la arista y el centro de masas del luchador.

Matemáticamente, se dispone de tres puntos: el CM y los dos puntos distales apoyados del pie, que forman la arista de caída. En primer lugar se emplea la Ecuación 4.4 de la distancia de un punto a una recta; de este modo se conoce la distancia perpendicular desde el CM hasta la recta. Esta distancia es uno de los catetos del ángulo que se busca. El otro cateto es la coordenada Z del CM, como se aprecia en la Figura 4.10.



**Figura 4.10-** Representación del cálculo matemático de los ángulos de caída, donde  $r$ = recta que contiene los puntos apoyados del pie;  $d(CM,r)$ = distancia desde el centro de masas a la recta;  $CMz$ = coordenada vertical del centro de masas.

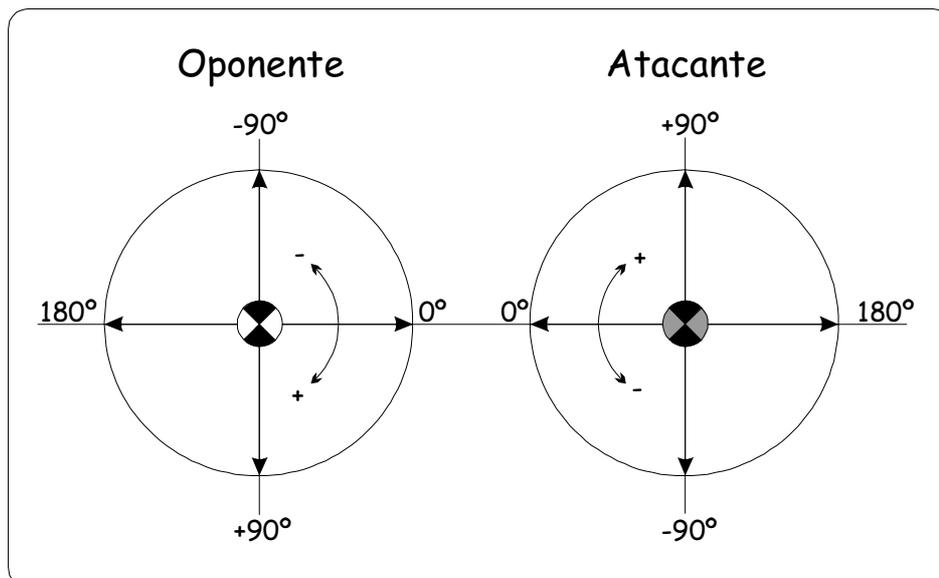
Finalmente se emplea la Ecuación 4.6 para conocer el ángulo entre los dos planos.

$$\alpha = \arctg \frac{d(CM, r(P, Q))}{CM_z}$$

**Ecuación 4.6-** Cálculo del ángulo de caída.  $\alpha$ = ángulo;  $d$ = distancia del punto a la recta;  $P$  y  $Q$ = puntos que forman la arista de caída;  $CM$ = punto donde se encuentra el centro de masas.

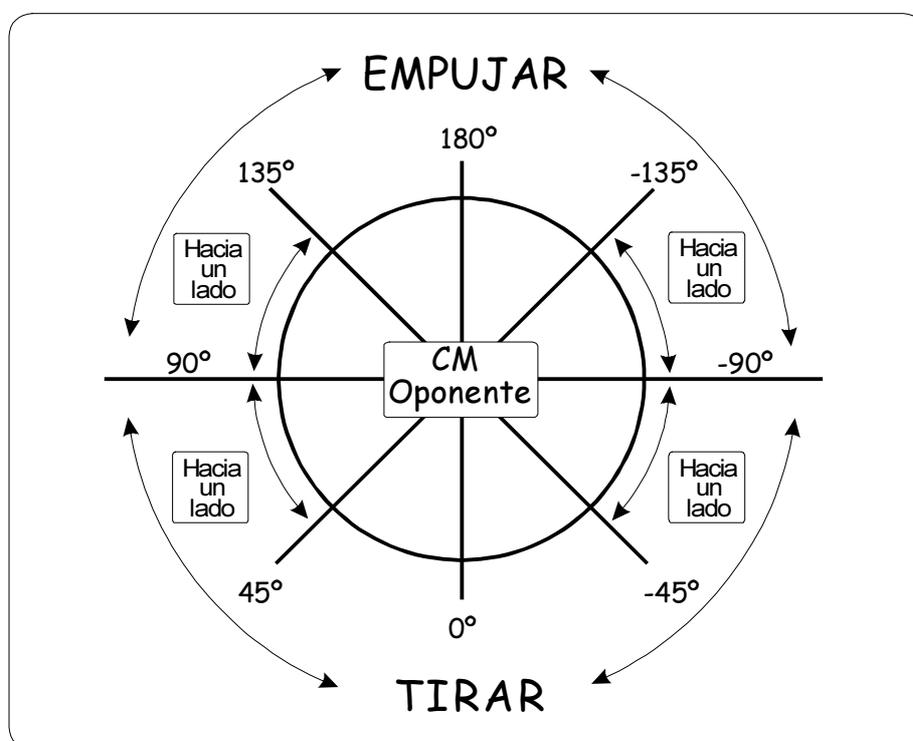
Junto con el ángulo se incluye entre paréntesis el número de la arista de caída a la que corresponde según el siguiente código: 1- lateral derecha; 2- delantera; 3- lateral izquierda y 4- posterior.

**g) Dirección del desplazamiento del CM:** indica los grados de la dirección que ha tomado el CM del luchador desde la posición anterior hasta la actual. Se toma como eje de coordenadas la línea que une los dos CMs en el instante inicial. Los  $0^\circ$  indican un desplazamiento hacia adelante respecto a la orientación inicial de cada luchador, es decir, si los dos avanzan  $0^\circ$  se chocarán. Desde esos  $0^\circ$  iniciales se considera positivo el giro en sentido horario y negativo el antihorario (Figura 4.11).



**Figura 4.11-** Eje de coordenadas que determina la dirección en que se mueven los centros de masas de cada luchador.

Se establecen cuatro categorías en función de la acción que realiza el atacante. Como categorías principales están las de *tirar* y *empujar*, y en cada una de ellas se incluye como subcategoría *tirar hacia un lado* y *empujar hacia un lado*. Las de *tirar* implican un ángulo de desplazamiento entre  $90^\circ$  y  $0^\circ$  y entre  $0^\circ$  y  $-90^\circ$ , mientras que en las de *empujar* los ángulos van desde  $90^\circ$  hasta  $180^\circ$  y desde  $180^\circ$  hasta  $-90^\circ$  (Figura 4.12). Para que una maña sea encuadrada en la subcategoría de *hacia un lado* debe encontrarse entre  $-45^\circ$  y  $-135^\circ$  o entre  $45^\circ$  y  $135^\circ$ . Se descarta el lado hacia el que se realiza la maña porque en la Lucha Leonesa las técnicas son simétricas y se pueden realizar hacia los dos lados en función de si se lucha con el agarre *a la mano derecha* o *a la mano izquierda*.



**Figura 4.12.-** Categorías consideradas según el ángulo de la dirección del centro de masas del oponente en la fase del desequilibrio.

#### 4.2.3.3.3.1.2.- Continuas

**a) Duración de la fase:** tiempo en segundos transcurrido desde que comienza la fase hasta que termina. Se ha determinado una división de las técnicas en tres fases, tal y como se ha

venido haciendo en los deportes de lucha como el judo (Kano, 1989), la lucha canaria (Amador, 1995) y la misma Lucha Leonesa (García, 1977; García, 1979; López y Flórez, 1995). En este caso se denominarán *oportunidad*, *desequilibrio* y *derribo*. La *oportunidad* comienza cuando el oponente realiza un movimiento que da pie al atacante a iniciar la maña; el *desequilibrio* comienza en el momento en que el atacante saca el CM propio fuera de su BS después de haber empezado a moverse, y termina cuando saca el CM del oponente de su BS; y el *derribo* abarca desde que sale el CM del oponente hasta que contacta en el suelo con la región glútea. La fase de *oportunidad* no se incluye en este estudio porque el experimento no se desarrolló en situación real de competición sino que los luchadores sabían de antemano la maña que iban a realizar. Por lo tanto se analizan las fases de *desequilibrio* y *derribo*.

**b) Recorrido del centro de masas de los luchadores:** desplazamiento en metros que realiza el CM de cada luchador. Se calcula mediante la Ecuación 4.5, vista anteriormente, con la que se conoce la distancia tridimensional entre dos puntos. Se van acumulando instante a instante las distancias entre la posición anterior y actual de cada CM hasta que finaliza la técnica.

**c) Recorrido del centro de masas del sistema:** desplazamiento en metros que realiza el CM del sistema que forman los dos luchadores. Se calcula como el anterior.

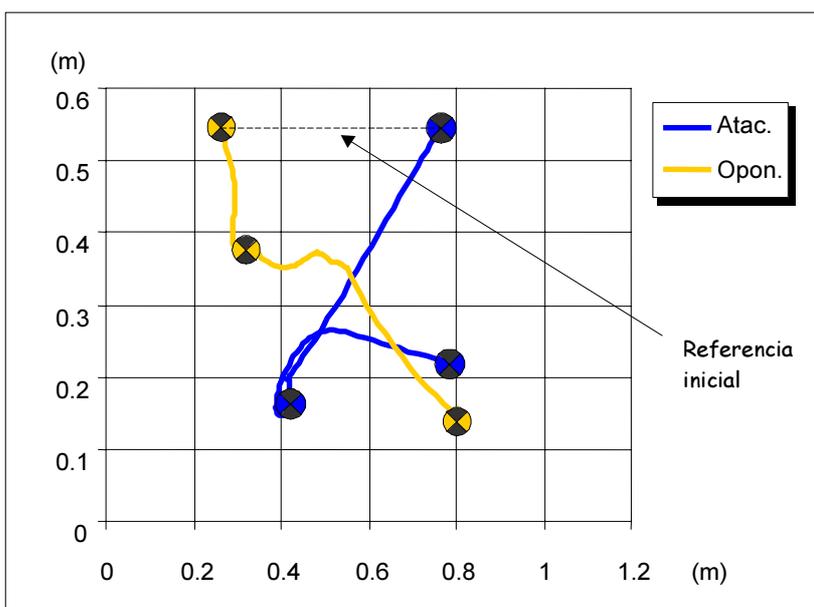
#### 4.2.3.3.3.2.-Cronogramas

Los cronogramas consisten en representaciones de los **modelos alámbricos** de los luchadores en los tres instantes analizados. El luchador en trazo más oscuro es el atacante y en más claro, el oponente. En la parte superior se incluyen las tres vistas, superior, lateral y frontal, de cada instante. En las tres vistas se representa la posición del CM de cada luchador; en la vista superior, además se incluyen sus BSs representadas por un polígono de trazo más grueso.

En la parte inferior de la hoja se puede observar desde una vista superior la representación de la posición del CM y la BS del sistema *atacante-oponente* que forman los dos luchadores unidos.

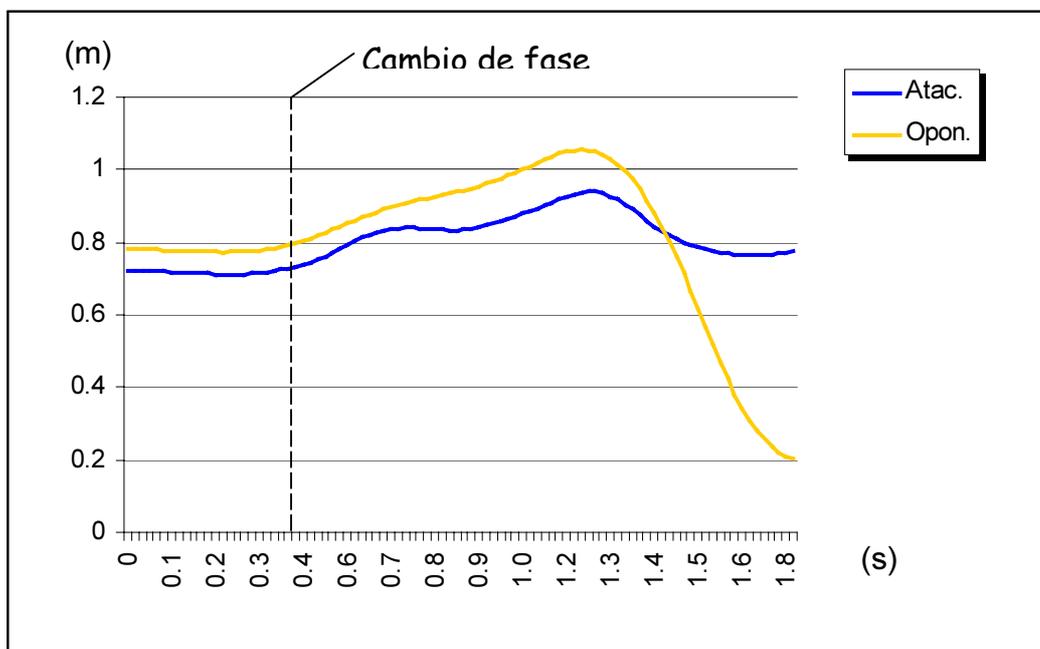
#### 4.2.3.3.3.- Gráficas

Se han elaborado cuatro tipos de gráficas con el fin de **describir** mejor las mañas. Para ello se empleó la hoja de cálculo Excel 97, insertando en las hojas de los datos de cada maña las gráficas con el formato adecuado. La primera compara mediante barras el tiempo de duración de las fases de desequilibrio y derribo. La segunda representa los metros de desplazamiento del CM de cada luchador durante las fases de desequilibrio y derribo, lo que permite comparar el desplazamiento que realizan dentro de la maña y entre distintas mañas. La tercera gráfica representa el desplazamiento que realizan los CMs de los luchadores a lo largo de la ejecución desde una vista cenital. Se indican también los cambios de fase por medio de la representación del símbolo del CM. En esta gráfica se puede apreciar el recorrido total que realiza el CM del luchador así como la dirección que toma en cada fase. Para facilitar la comprensión de la gráfica, se han situado de forma que la posición inicial quede en horizontal con los CMs unidos por una línea punteada (Figura 4.13).



**Figura 4.13-** Ejemplo de gráfica del recorrido horizontal de los centros de masas a lo largo de la maña.

La última gráfica representa las evoluciones que presentan los CMs en el plano vertical a lo largo del tiempo que dura la técnica. Una línea vertical indica el instante de cambio de fase entre el desequilibrio y el derribo (Figura 4.14).



**Figura 4.14-** Ejemplo de gráfica del recorrido vertical de los centros de masas a lo largo de la maña.



RESULTADOS





Los resultados se presentan divididos en: los metodológicos, los del estudio de las mañas y la comparación entre éstas.

## 5.1.- RESULTADOS METODOLÓGICOS

Dentro de los resultados metodológicos se incluyen los de la frecuencia de digitalización, de la reproducibilidad de la digitalización y los del nivel de extrapolación.

### 5.1.1.- Frecuencia de digitalización

Se presenta la Tabla 5.1 en la que se comparan los datos obtenidos en la digitalización a 10 Hz y a 50 Hz. La tabla recoge las variables obtenidas con cada frecuencia y la diferencia entre ambas.

<i>Variables discretas</i>	Instante inicial			Cambio de fase			Instante final		
	10 Hz	50 Hz	Dif.	10 Hz	50 Hz	Dif.	10 Hz	50 Hz	Dif.
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	1.59	0	1.59	1.59	0	1.61	1.61	0
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	12.28	10.66	1.62	10.87	10.66	0.21	---	---	0
Área BSdel Sistema (dm <sup>2</sup> )	22.91	21.23	1.68	22.07	22.25	0.18	---	---	0
Altura del CMA <sub>t</sub> (m)	0.75	0.75	0	0.79	0.79	0	0.82	0.80	0.02
Altura del CMO <sub>p</sub> (m)	0.78	0.78	0	0.81	0.81	0	0.26	0.23	0.03
Distancia entre CMs (m)	0.51	0.52	0.01	0.47	0.47	0	0.54	0.63	0.09
Ángulo Caída Menor At (°)	-14.4	-14.4	0	-16.9	-16.9	0	4.9	7.1	2.2
Ángulo Caída Menor Op (°)	5.6	4.1	1.5	0.1	0.5	0.4	---	---	0
Dirección CMA <sub>t</sub> (°)	0	0	0	-99.8	-108.7	8.9	-101.3	-106.8	5.5
Dirección CMO <sub>p</sub> (°)	0	0	0	-22.4	-9.0	13.4	-7.2	-5.9	1.3

<i>Variables continuas</i>	Desequilibrio			Derribo			TOTAL		
	10 Hz	50 Hz	Dif.	10 Hz	50 Hz	Dif.	10 Hz	50 Hz	Dif.
Desplazamiento CMA <sub>t</sub> (m)	0.06	0.07	0.01	0.49	0.45	0.04	0.55	0.52	0.03
Desplazamiento CMO <sub>p</sub> (m)	0.07	0.09	0.03	1.13	1.11	0.02	1.20	1.21	0.01
Desplazamiento CMS <sub>st</sub> (m)	0.05	0.07	0.02	0.67	0.67	0	0.72	0.74	0.02

**Tasbla 5.1-** Comparación entre los resultados de la maña garabito digitalizada a 10 y a 50 Hz. Se presenta el valor de cada variable y la diferencia entre ambas expresada en valor absoluto.

### 5.1.2.- Reproducibilidad de la digitalización

En la Tabla 5.2 se muestran los resultados de las SD<sub>máx</sub> y las ANOVAs de los puntos que delimitan las bases de sustentación de cinco digitalizaciones de la misma maña (*garabito*)

			X			Y			Z		
			SD	p-level	F	SD	p-level	F	SD	p-level	F
Atacante	Pie D	Antepie	0.015	1	7E-05	0.028	1	0.0021	0.011	1	0.0016
		Metatarso	0.017	1	0.0002	0.024	1	0.0029	0.011	1	0.0011
		Talón	0.032	1	0.0005	0.035	1	0.0037	0.022	1	0.0005
	Pie I	Antepie	0.013	1	0.0031	0.015	0.8081	0.3999	0.007	0.7961	0.4167
		Metatarso	0.009	0.9999	0.0071	0.014	0.8300	0.3690	0.005	0.9837	0.0953
		Talón	0.015	0.9999	0.0062	0.024	0.9956	0.0481	0.020	0.9991	0.0211
Oponente	Pie D	Antepie	0.014	1	0.0006	0.020	0.9996	0.0133	0.005	1	0.0006
		Metatarso	0.015	1	0.0003	0.017	0.9999	0.0059	0.007	1	0.0007
		Talón	0.007	1	0.0000	0.012	0.9987	0.0257	0.006	1	0.0010
	Pie I	Antepie	0.022	1	0.0006	0.032	1	0.0018	0.010	1	0.0004
		Metatarso	0.019	1	0.0002	0.025	0.4170	0.9925	0.009	1	0.0001
		Talón	0.014	1	0.0001	0.015	0.9997	0.0122	0.011	1	0.0004

**Tabla 5.2-** Valores de las desviaciones típicas máximas y análisis de la varianza de los puntos que delimitan la base de sustentación a partir de 5 digitalizaciones de la misma maña.

Así mismo, en la Tabla 5.3 se presentan los mismos datos referidos a los 10 puntos con mayores SDmáx del total de los dos luchadores, cuya media es de 0.02 m.

Atacante	SD máx (m)	p-level	F
Y Mano D	0.036	0.9889	0.0775
Y Mano I	0.036	0.9800	0.1063
Y Cadera D	0.039	0.9922	0.0646
Oponente	SD máx (m)	p-level	F
X Codo I	0.042	0.9992	0.0195
X Vertex	0.037	0.9999	0.0073
X Mandíbula	0.039	0.9997	0.0115
X Nariz	0.037	0.9992	0.0195
Y Mano D	0.038	0.9657	0.1425
Y Muñeca D	0.037	0.9948	0.0523
X Mano I	0.036	0.9955	0.0486

**Tabla 5.3-** Valores de las desviaciones típicas máximas y análisis de la varianza de los puntos obtenidos a partir de 5 digitalizaciones de la misma maña. (D= derecho; I= izquierdo; X= coordenada x; Y= coordenada y). No se han encontrado diferencias significativas.

### 5.1.3.- Nivel de extrapolación

Como se explicó en la metodología, el nivel de extrapolación es uno de los factores a tener en cuenta para conocer la exactitud del cálculo de las coordenadas espaciales. Se ha obtenido en el estudio de las mañas un nivel de extrapolación medio de 3.61%, como se puede apreciar en la Tabla 5.4.

<b>Maña</b>	<b>Puntos totales</b>	<b>Puntos fuera espacio control</b>	<b>Nivel extrapolación (%)</b>
Cadrilada	14352	462	3.22
Dedilla	10764	331	3.08
Garabito	9516	380	3.99
Gocha	10608	508	4.79
Golpe de Cadera	10764	369	3.43
Mediana	16380	435	2.66
Media vuelta	9672	226	2.34
Remolino	28704	1338	4.66
Retortijón	24024	610	2.54
Rodillín	10764	392	3.64
Saque a vueltas	28704	724	2.52
Sobaquillo	15600	604	3.87
Tranque	13884	771	5.55
Trespiés	10920	587	5.38
Zancajo	8892	330	3.71
<b>Total</b>	<b>223548</b>	<b>8067</b>	<b>3.61</b>

**Tabla 5.4-** *Datos del nivel de extrapolación calculados en cada maña.*

## **5.2.- ANÁLISIS DE LAS MAÑAS**

Se presentan en este apartado consecutivamente los resultados de cada mañana, incluyendo en cada una la planilla con las tres hojas descritas en la metodología: variables descriptivas, cronogramas y gráficas.

### 5.2.1.-Cadrilada

*Variables descriptivas:*

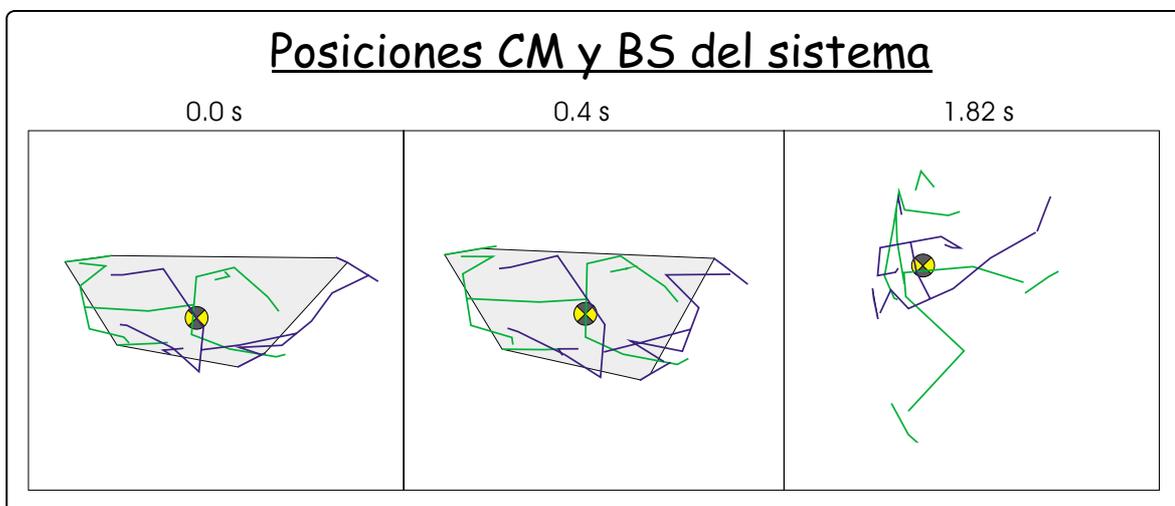
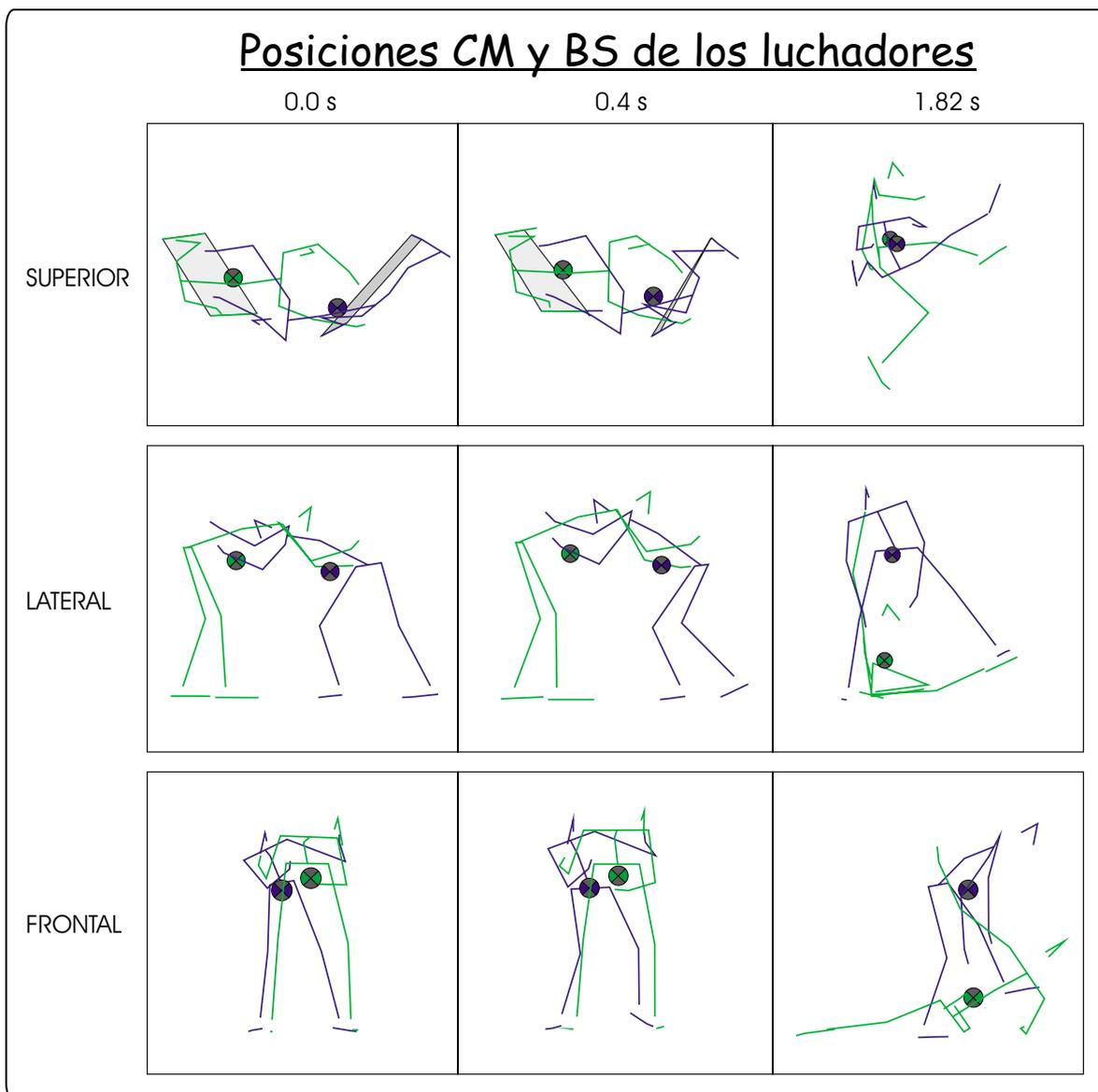
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.4	1.82
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	4.93	3.22	1.61
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	11.59	11.95	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	52.98	48.70	---
Altura del CMAAt (m)	0.72	0.72	0.77
Altura del CMOp (m)	0.78	0.78	0.20
Distancia entre CMs (m)	0.55	0.51	0.57
Nº Aristas de Caída At	4	3	1
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-4.8 (2)	-8.3 (2)	-19.8 (3)
Ángulo Caída Menor Op (°)	0.4 (2)	-2.5 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	9.6	86.0
Dirección CMOp (°)	0	-74.6	-69.1

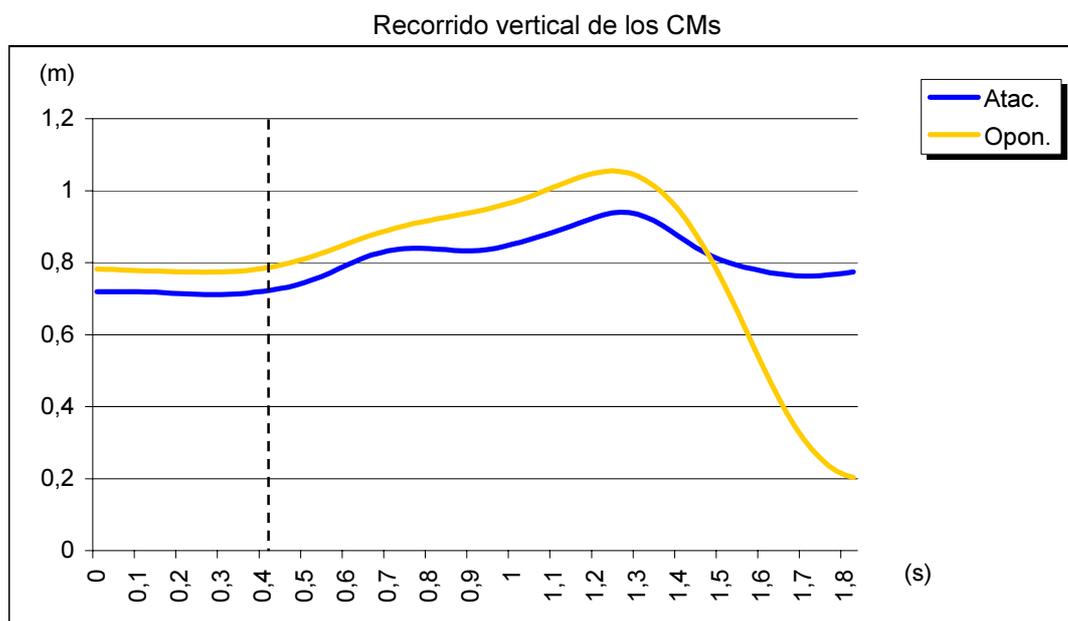
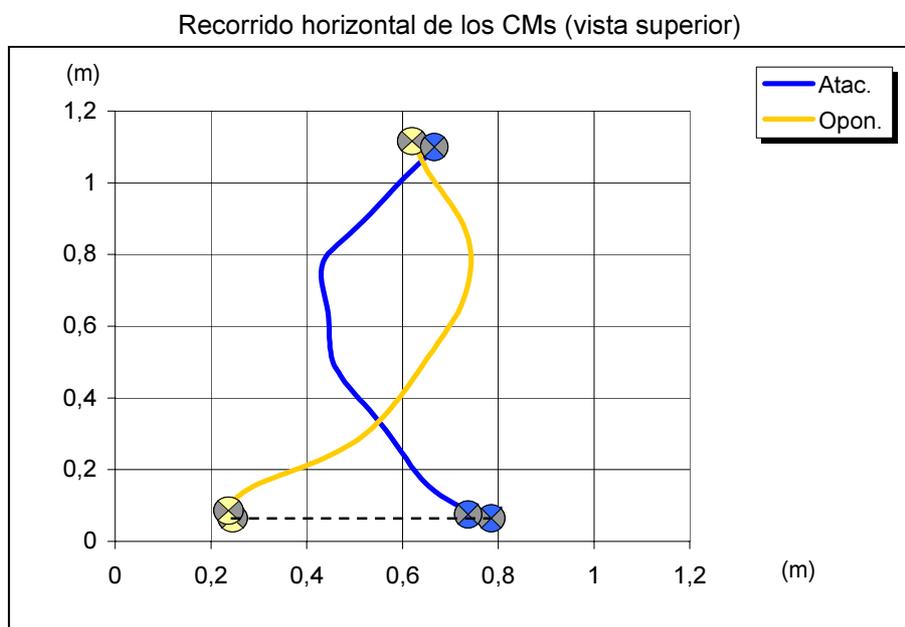
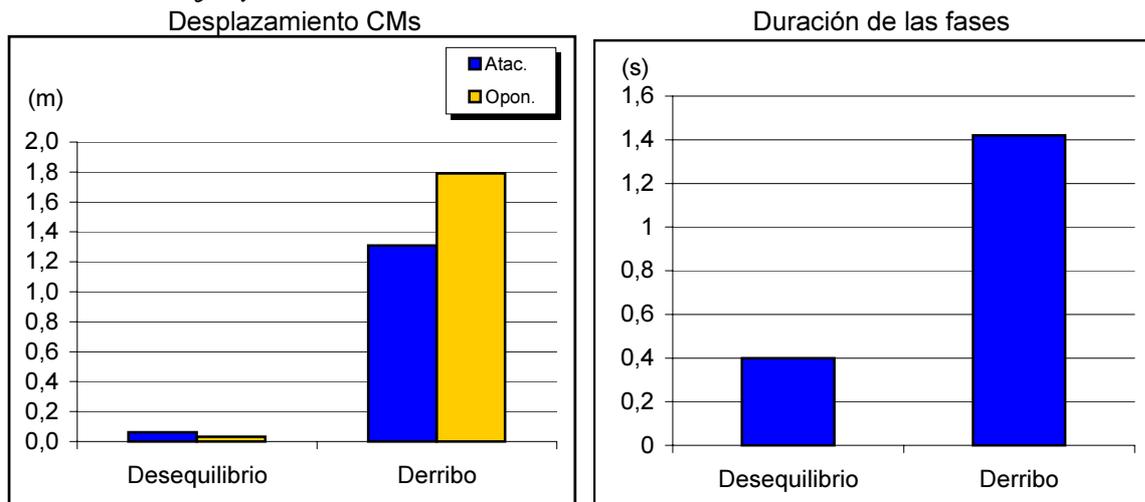
#### Continuas

	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.4	1.42	1.82
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.06	1.31	1.37
Desplazamiento del CMOp (m)	0.03	1.79	1.82
Desplazamiento del Sistema (m)	0.04	1.36	1.40

*Cadriada: cronogramas*



## Cadrilada: gráficas



## 5.2.2.- Dedilla

Variables descriptivas:

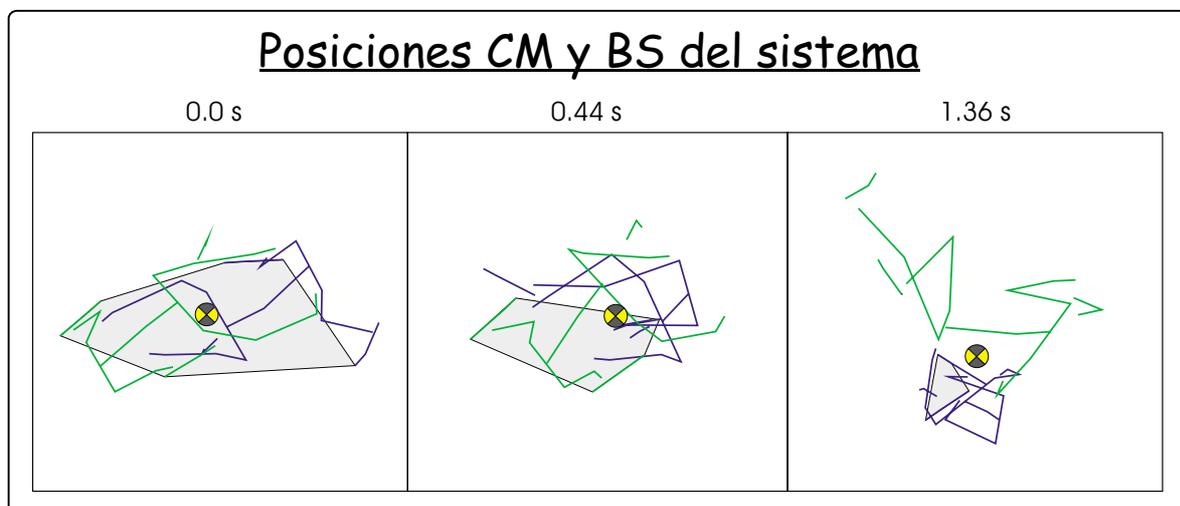
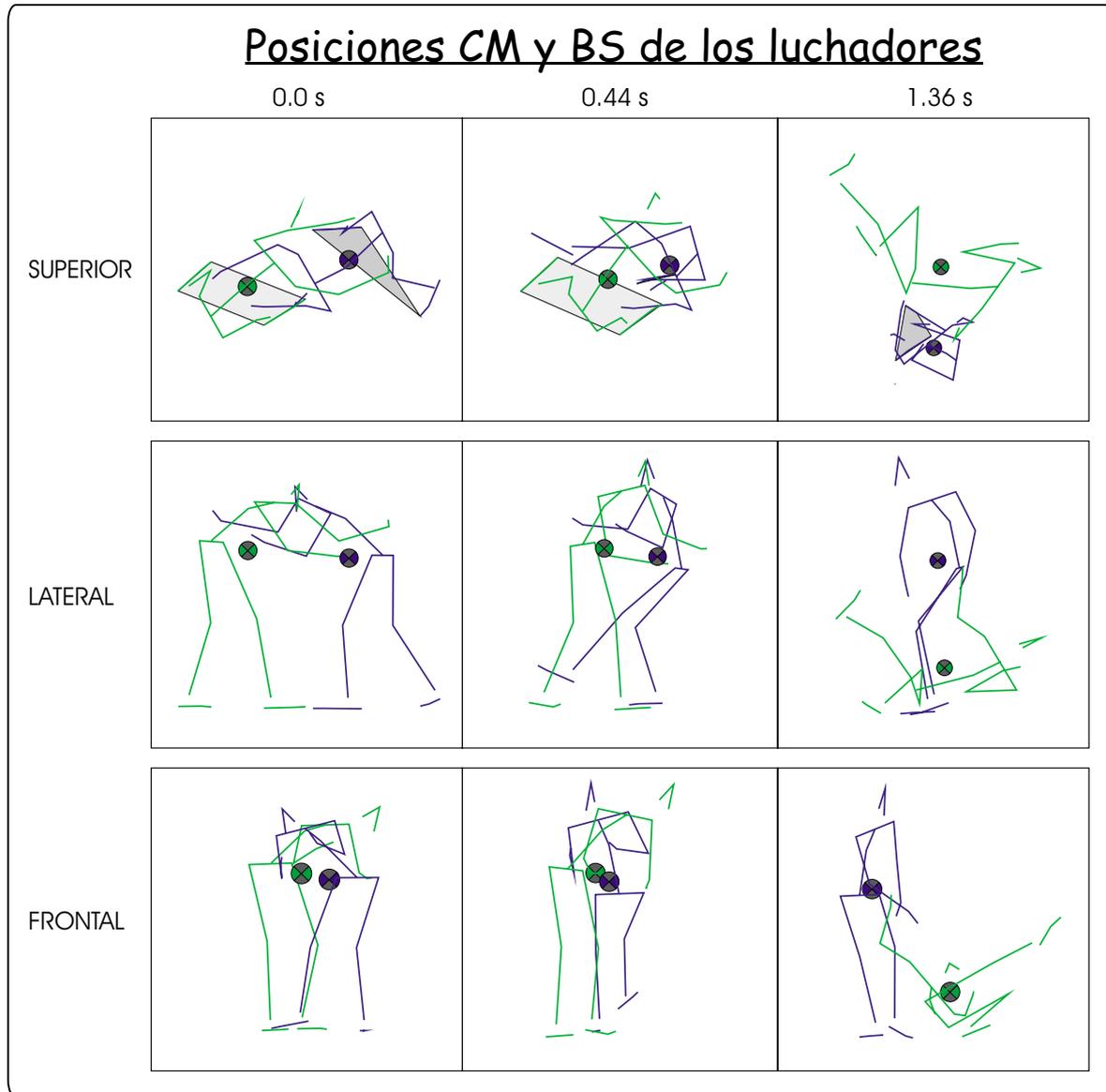
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.44	1.36
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	6.68	1.61	1.61
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	10.96	11.20	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	41.22	16.29	---
Altura del CMAAt (m)	0.77	0.80	0.80
Altura del CMOp (m)	0.80	0.85	0.23
Distancia entre CMs (m)	0.53	0.30	0.70
Nº Aristas de Caída At	3	1	4
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-0.2 (2)	-3.6 (3)	-1.3 (4)
Ángulo Caída Menor Op (°)	3.5 (2)	-0.2 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-2.3	-120.3
Dirección CMOp (°)	0	-16.2	-28.4

## Continuas

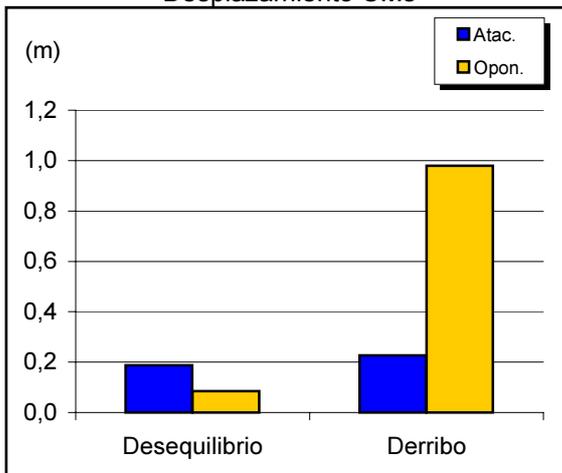
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.44	0.92	1.36
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.19	0.23	0.41
Desplazamiento del CMOp (m)	0.09	0.98	1.07
Desplazamiento del Sistema (m)	0.08	0.53	0.61

Dedilla: cronogramas

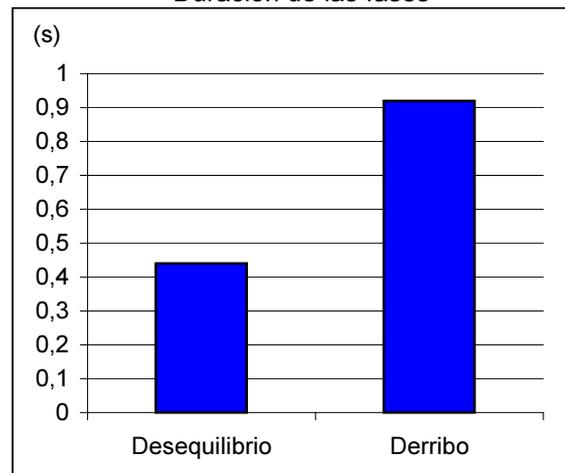


*Detalle: gráficas*

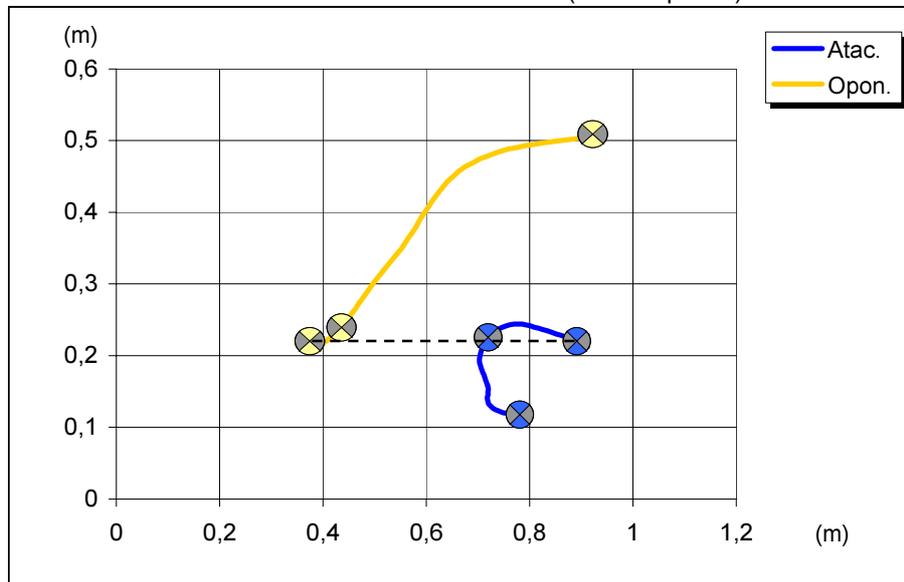
Desplazamiento CMs



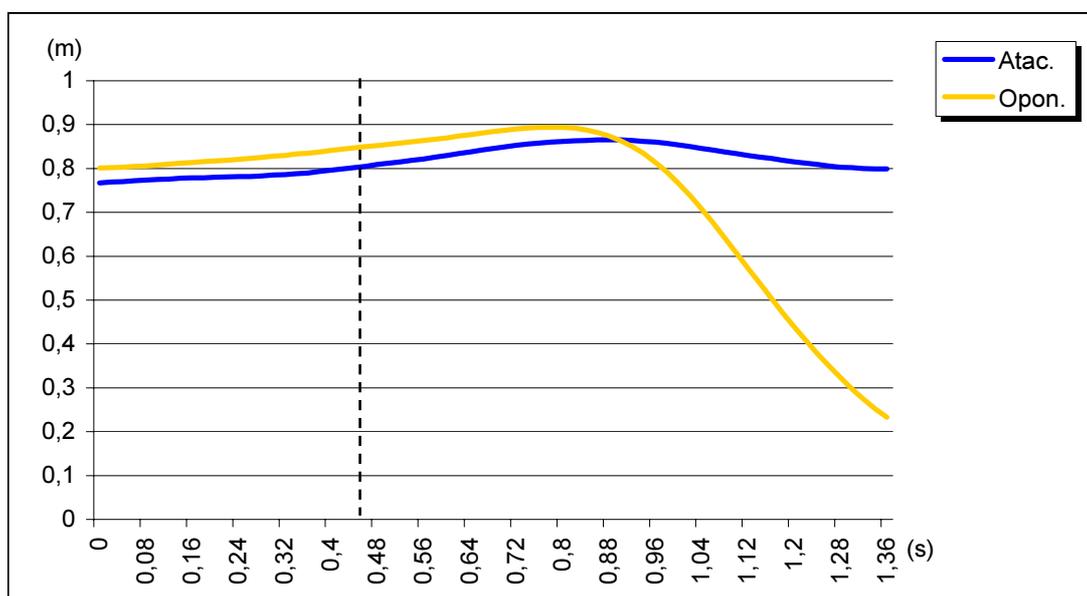
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.3.- Garabito

*Variables descriptivas:*

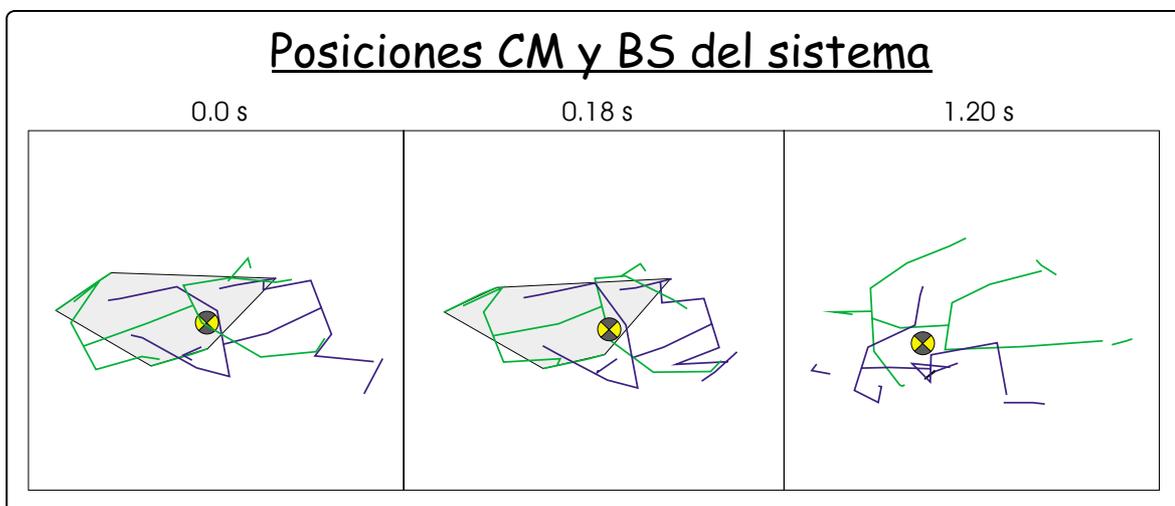
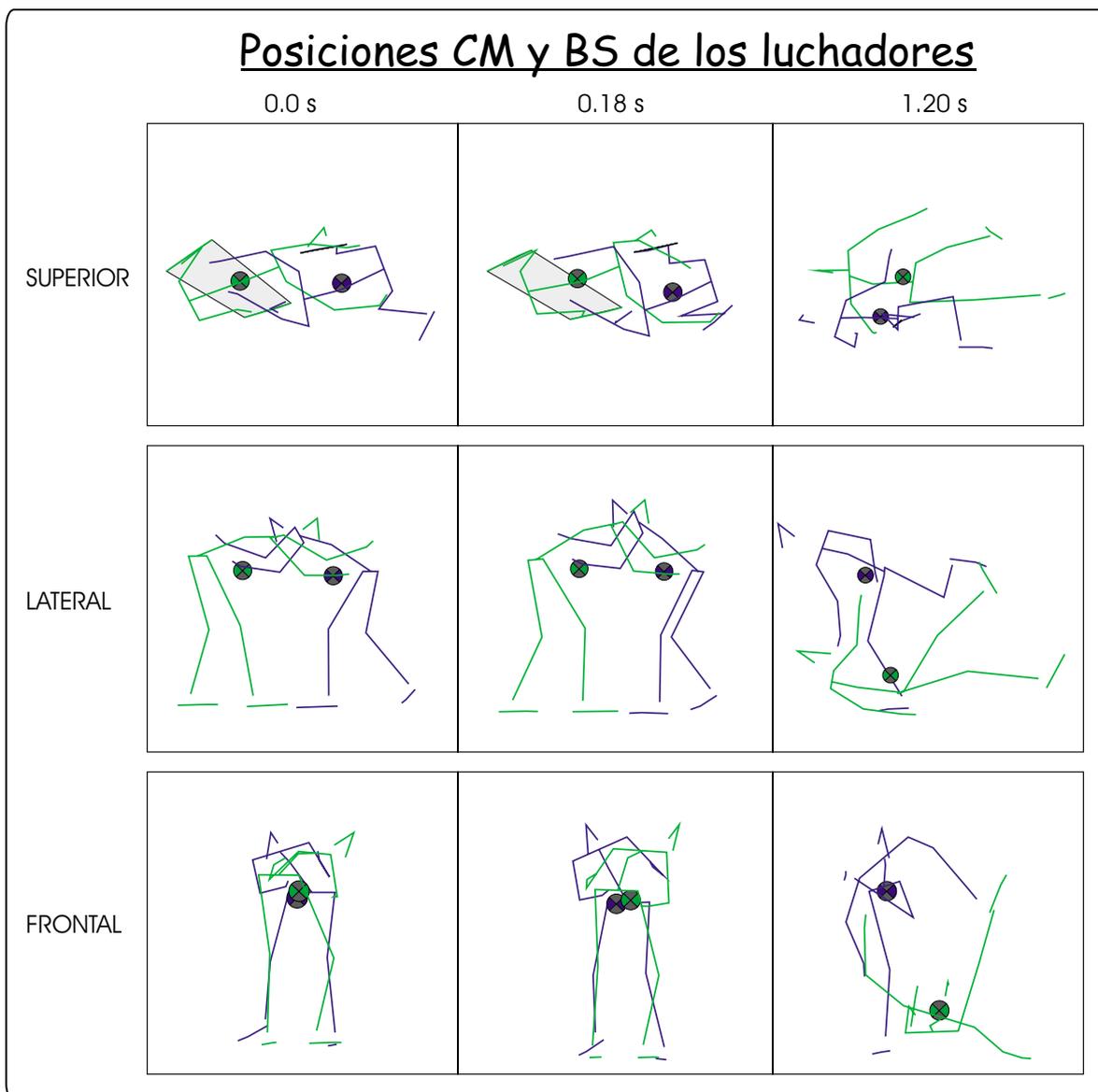
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.18	1.2
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	1.59	1.61
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	12.28	10.87	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	22.91	22.07	---
Altura del CMAAt (m)	0.75	0.79	0.82
Altura del CMOp (m)	0.78	0.81	0.26
Distancia entre CMs (m)	0.51	0.47	0.62
Nº Aristas de Caída At	1	1	1
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-14.4 (1)	-16.9 (1)	4.9 (3)
Ángulo Caída Menor Op (°)	5.6 (2)	-0.1 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-99.8	-101.3
Dirección CMOp (°)	0	-22.4	-7.2

#### Continuas

	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.18	1.02	1.2
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.06	0.49	0.55
Desplazamiento del CMOp (m)	0.07	1.13	1.20
Desplazamiento del Sistema (m)	0.05	0.67	0.72

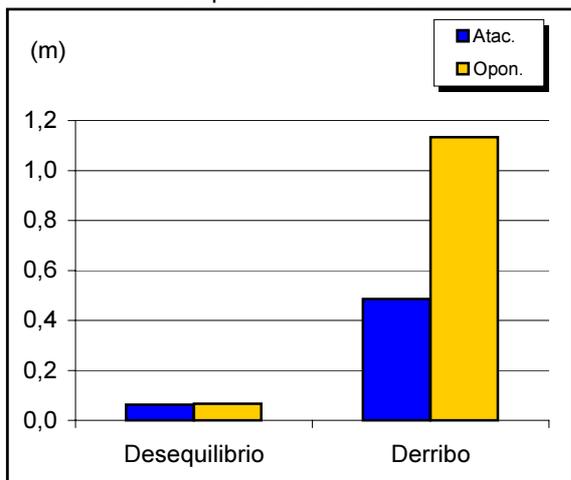
Garabito: cronogramas



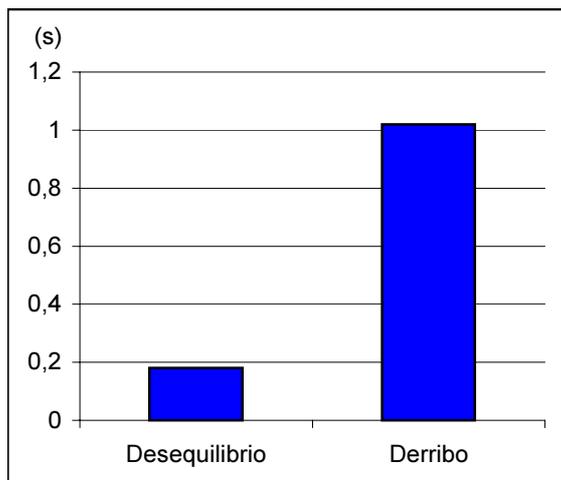
# Análisis Biomecánico de las Mañas de la Lucha Leonesa

*Garabito: gráficas*

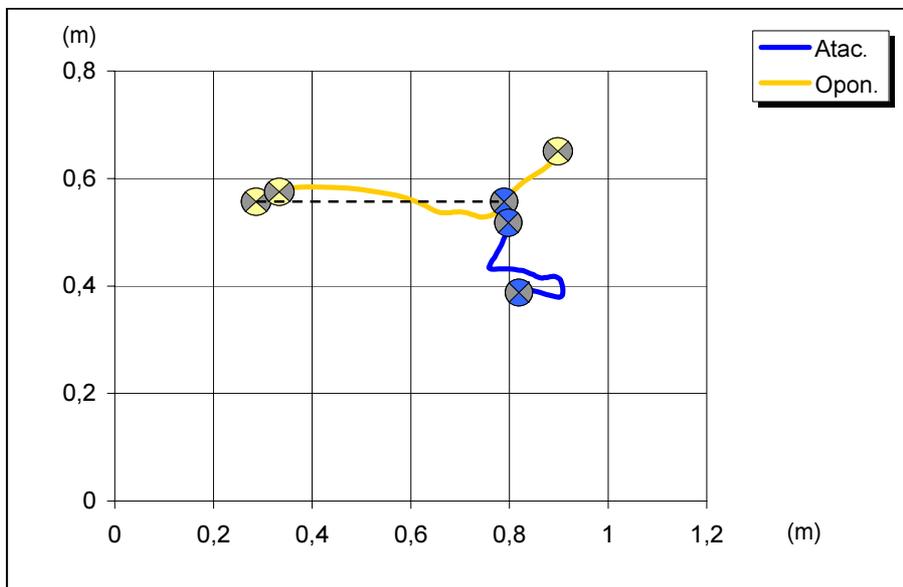
Desplazamiento CMs



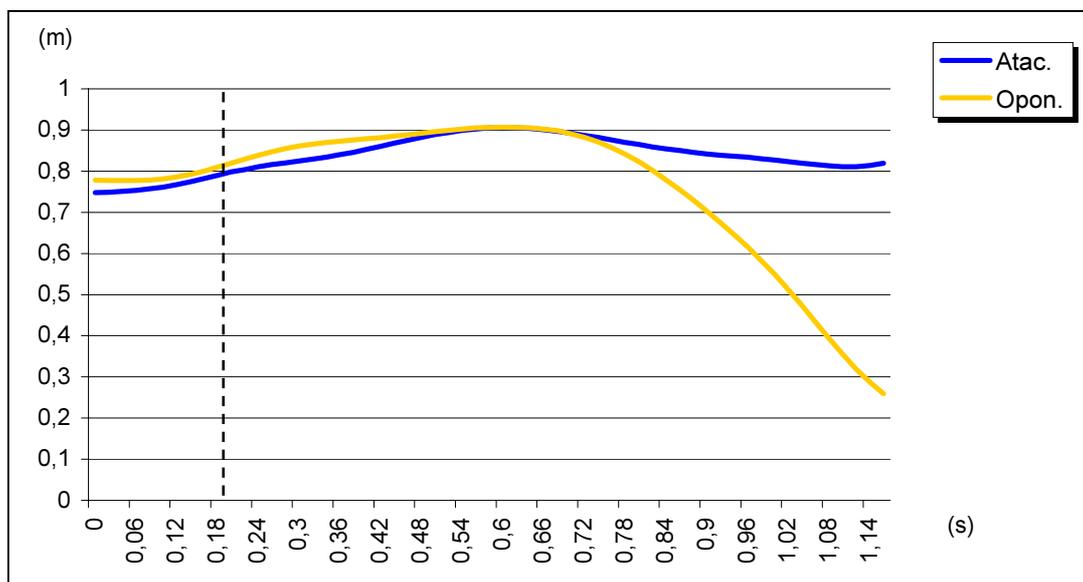
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



## 5.2.4.- Gocha

Variables descriptivas:

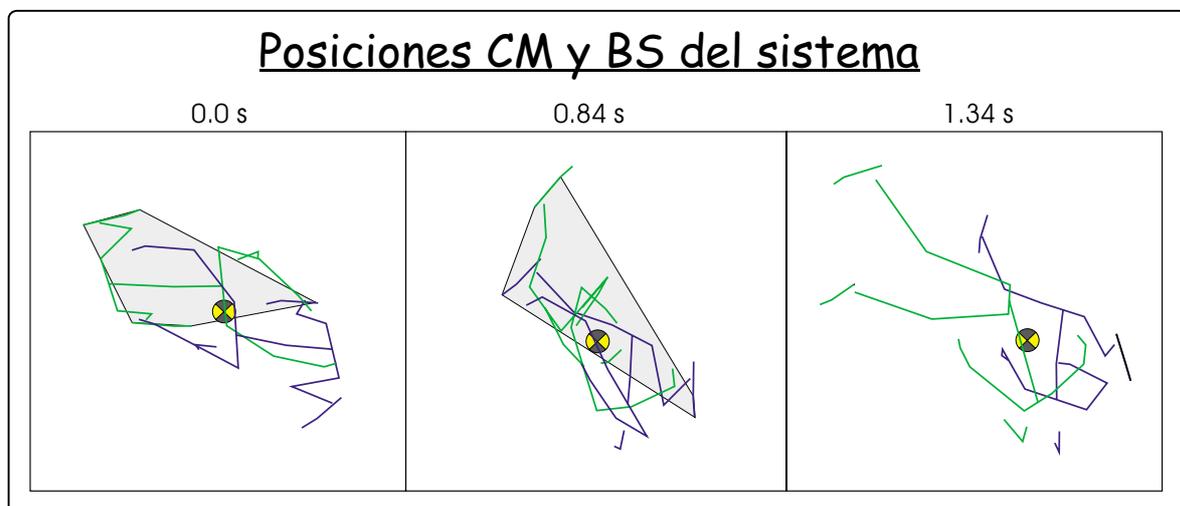
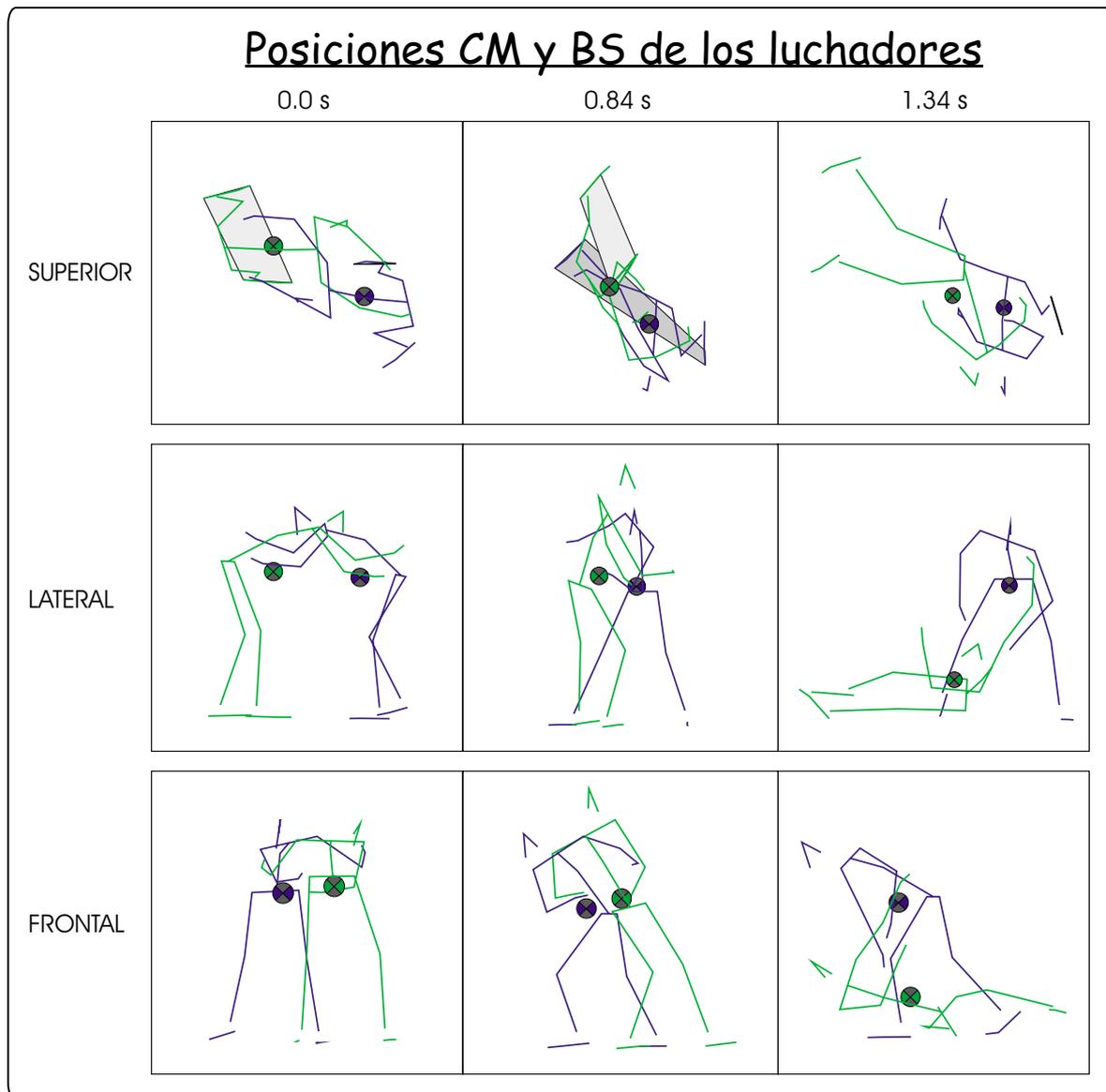
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.84	1.34
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	12.79	1.61
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	12.56	8.70	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	42.28	27.84	---
Altura del CMAAt (m)	0.76	0.77	0.69
Altura del CMOp (m)	0.80	0.82	0.20
Distancia entre CMs (m)	0.53	0.29	0.56
Nº Aristas de Caída At	1.0	4.0	1.0
Nº Aristas de Caída Op	4	3	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-12.2 (1)	1.6 (2)	-21.2 (3)
Ángulo Caída Menor Op (°)	4.8 (2)	-0.5 (4)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-45.8	-92.6
Dirección CMOp (°)	0	102.4	88.3

## Continuas

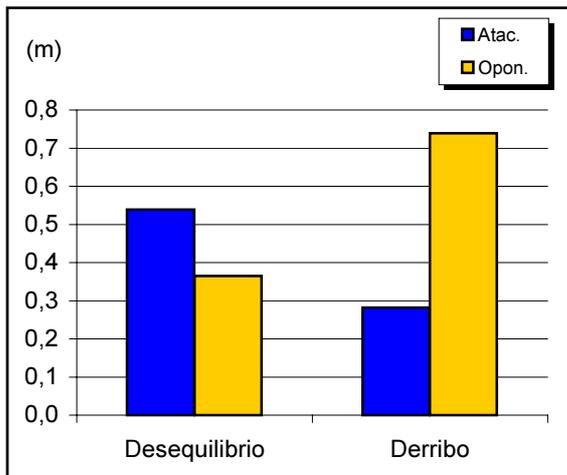
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.84	0.5	1.34
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.54	0.28	0.82
Desplazamiento del CMOp (m)	0.37	0.74	1.10
Desplazamiento del Sistema (m)	0.38	0.45	0.83

Gócha: cronogramas

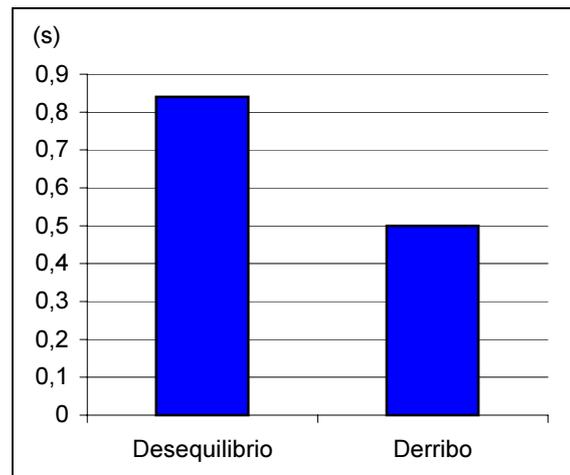


Gocha: gráficas

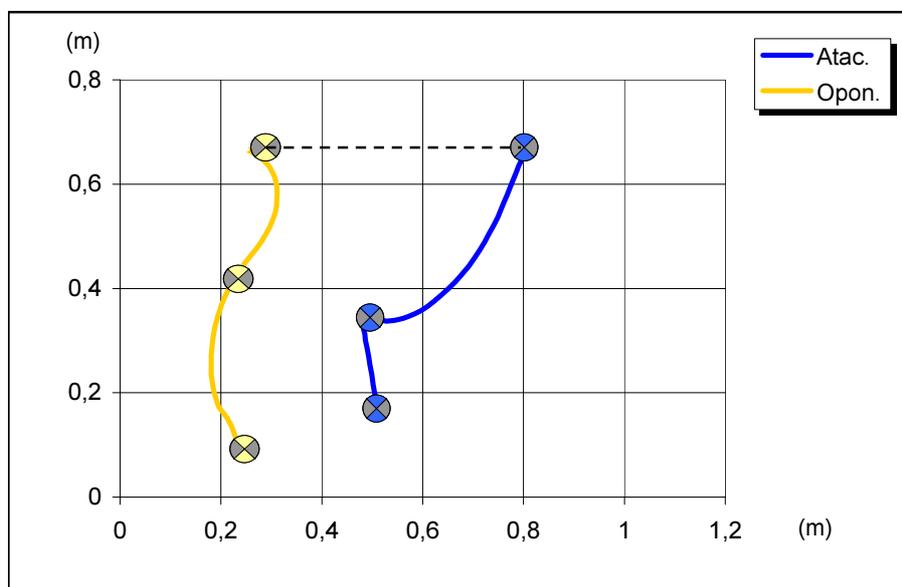
Desplazamiento CMs



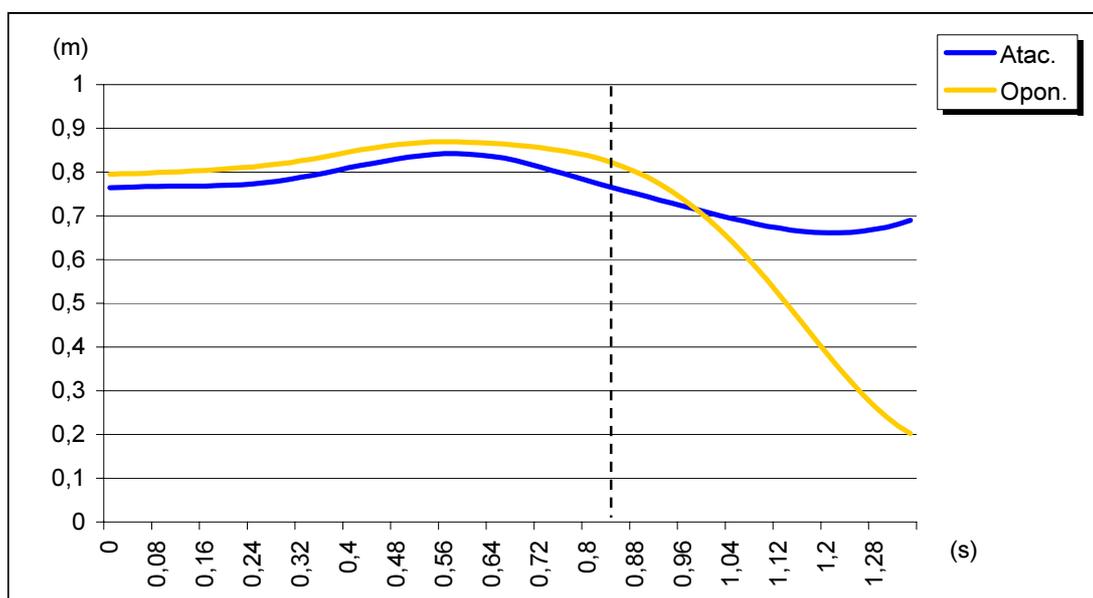
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.5.- Golpe de cadera

*Variables descriptivas:*

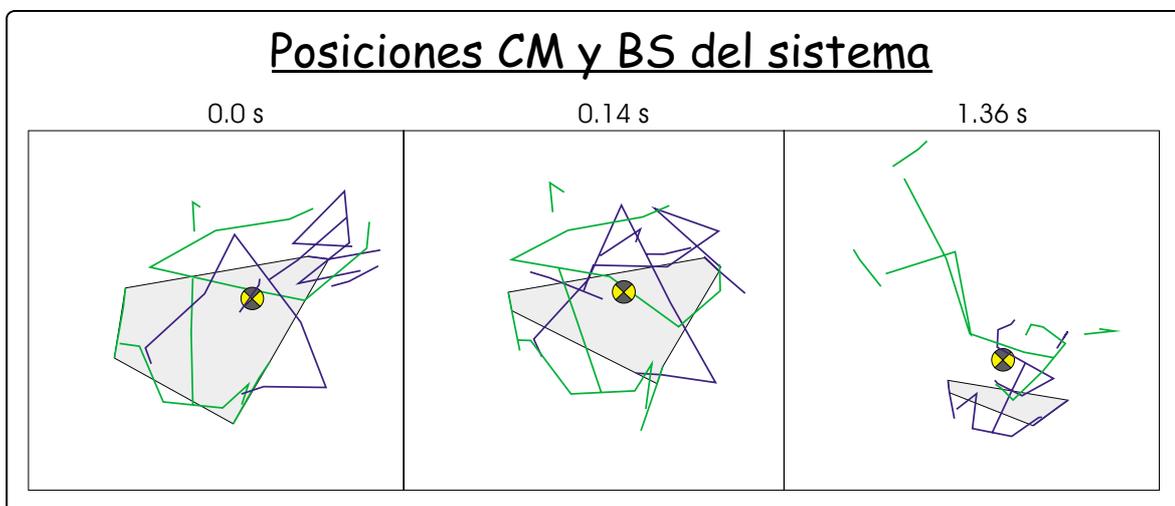
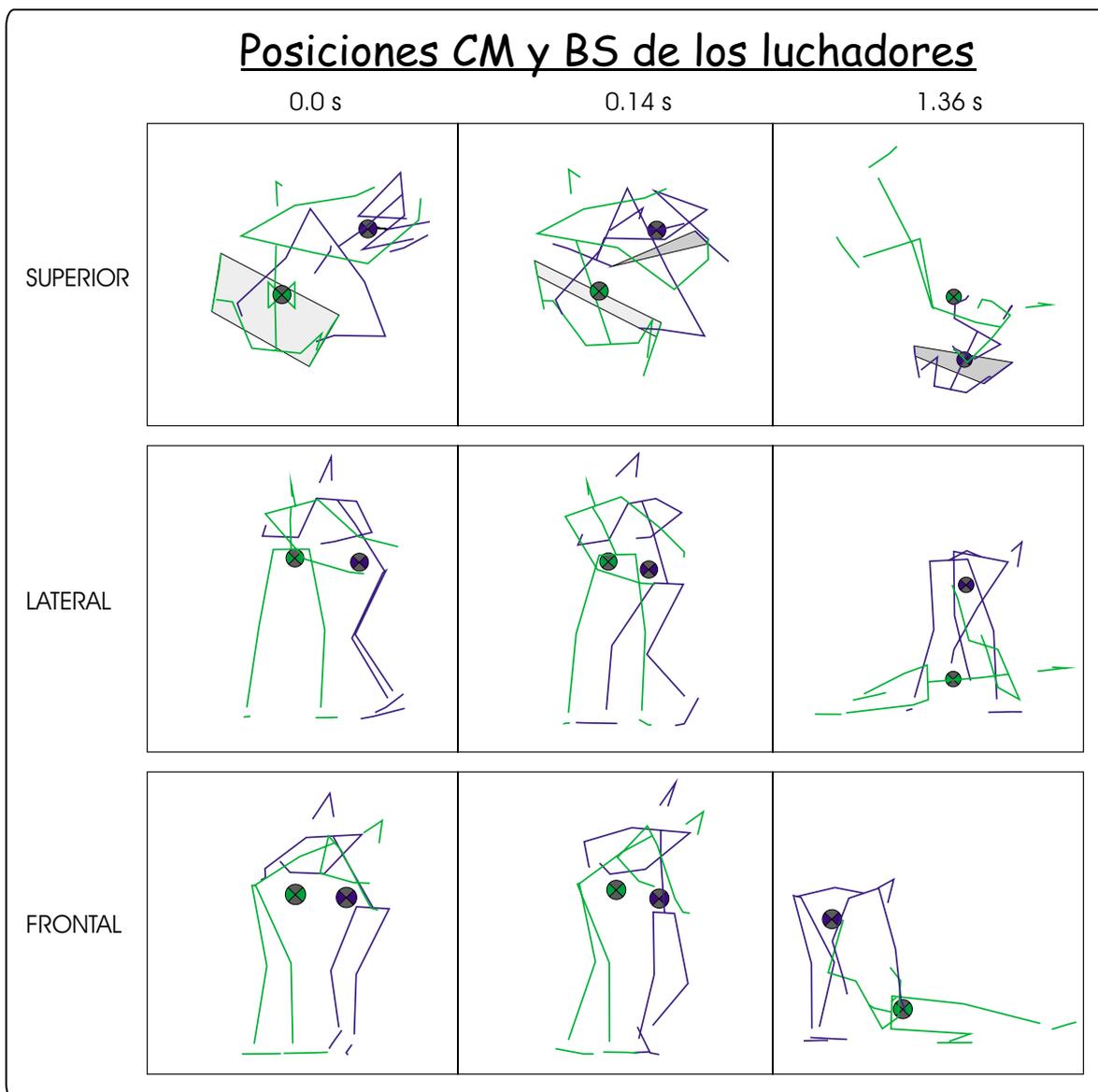
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.14	1.36
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	0.61	1.45	7.23
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	11.38	2.96	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	22.03	13.50	---
Altura del CMAAt (m)	0.81	0.81	0.66
Altura del CMOp (m)	0.83	0.86	0.16
Distancia entre CMs (m)	0.42	0.30	0.63
Nº Aristas de Caída At	1	3	4
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-0.6 (1)	-3.9 (2)	2.7 (2)
Ángulo Caída Menor Op (°)	2.4 (2)	-0.3 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	32.8	-7.9
Dirección CMOp (°)	0	-61.1	-46.0

#### Continuas

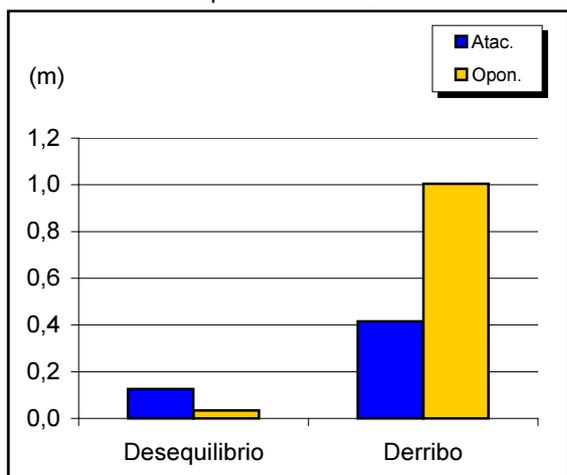
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.14	1.22	1.36
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.13	0.42	0.54
Desplazamiento del CMOp (m)	0.03	1.00	1.04
Desplazamiento del Sistema (m)	0.07	0.57	0.64

*Golpe de Cadera: cronogramas*

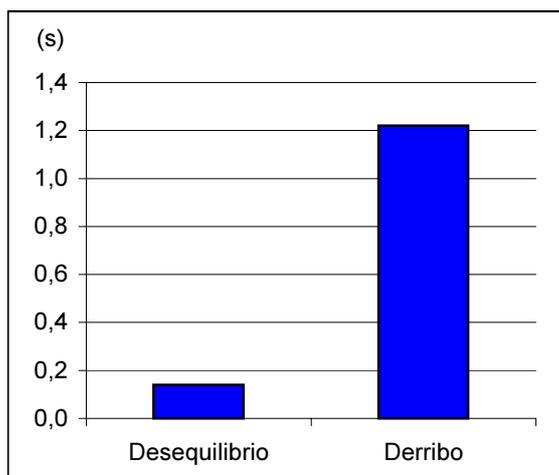


## Golpe de Cadera: gráficas

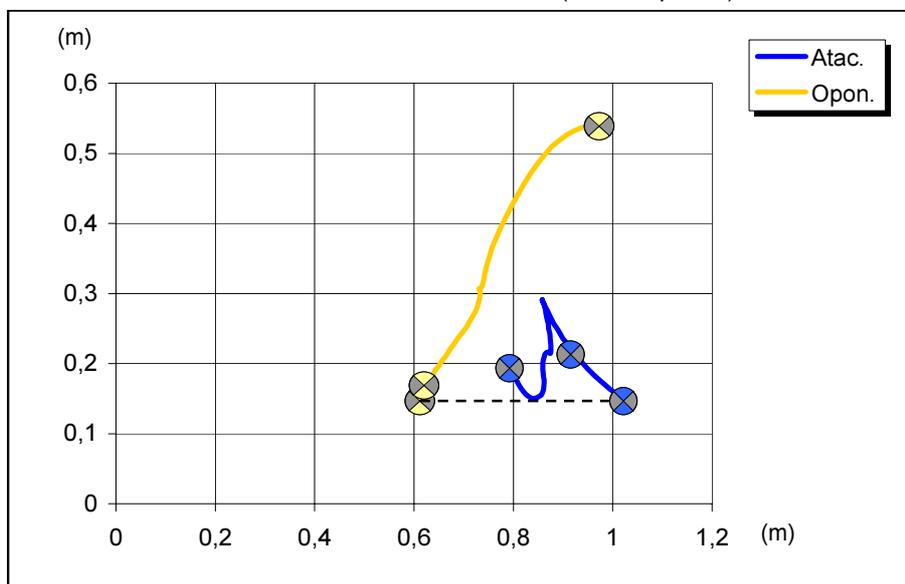
Desplazamiento CMs



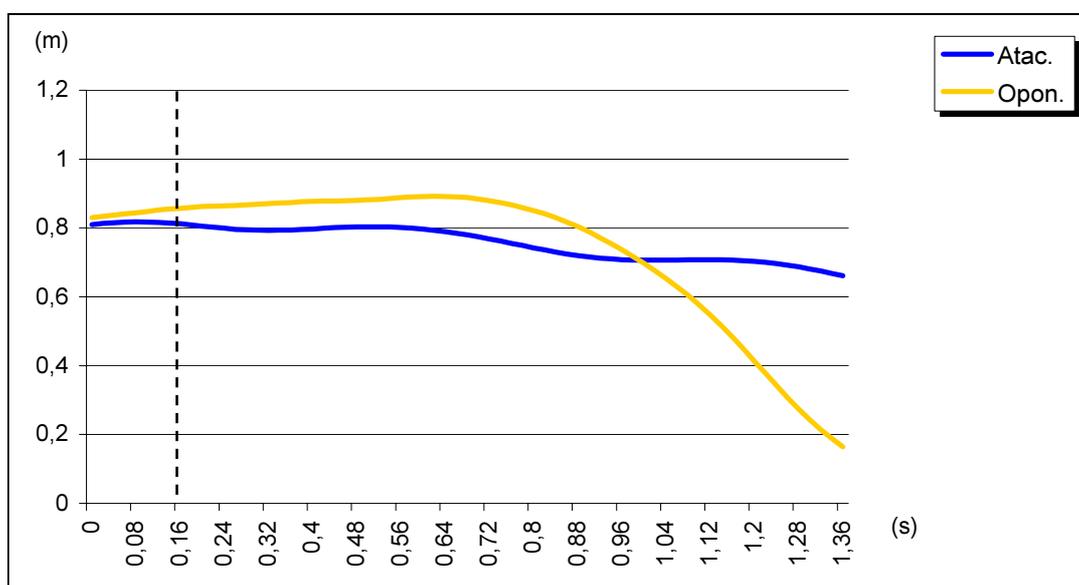
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



## 5.2.6.- Mediana

Variables descriptivas:

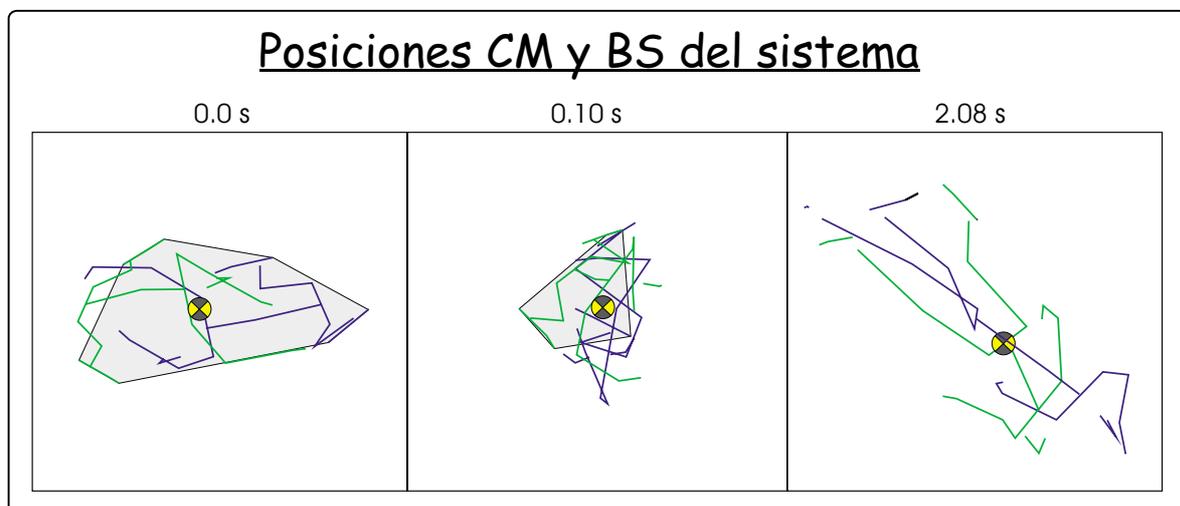
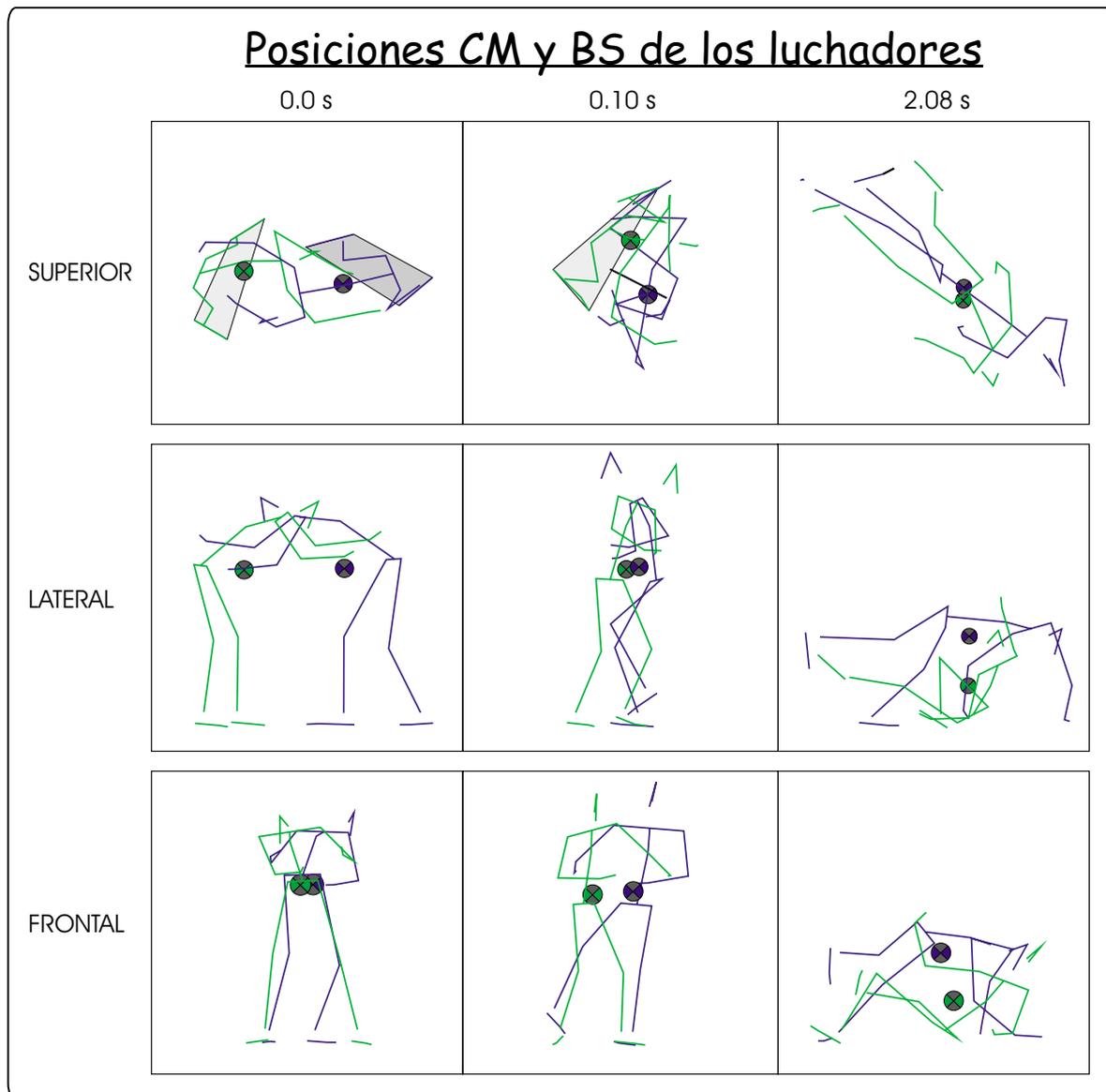
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	1	2.08
Área BSAt. (dm <sup>2</sup> )	11.67	1.61	1.59
Área BSOp. (dm <sup>2</sup> )	9.68	7.61	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	47.94	14.98	---
Altura del CMAAt. (m)	0.80	0.86	0.46
Altura del CMOp. (m)	0.80	0.84	0.21
Distancia entre CMs (m)	0.51	0.24	0.26
Nº Aristas de Caída 1	4	1	1
Nº Aristas de Caída 2	4	4	0
Ángulo de caída menor 1 (°)	-4.0 (2)	-1.6 (3)	-57.3 (1)
Ángulo de caída menor 2 (°)	1.6 (2)	-0.4 (2)	---
Dirección CM1 (°)	0	-47.5	171.4
Dirección CM2 (°)	0	71.8	25.7

## Continuas

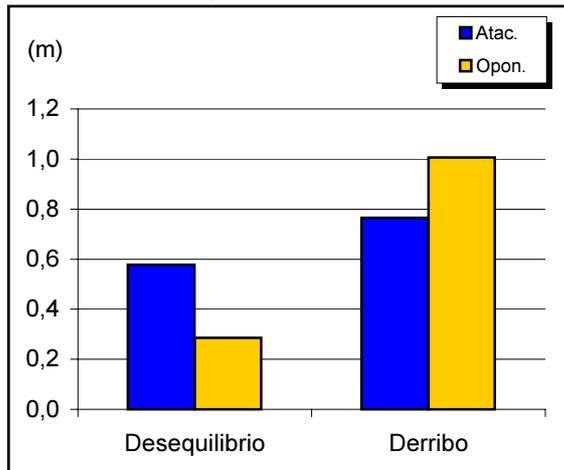
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	1	1.08	2.08
Desplazamiento del CMAAt. (m)	0.58	0.77	1.34
Desplazamiento del CMOp. (m)	0.29	1.01	1.29
Desplazamiento del Sistema (m)	0.38	0.83	1.20

Mediana: cronogramas

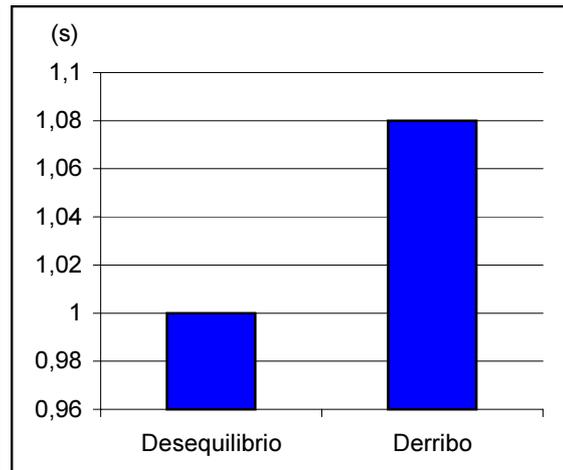


Mediana: gráficas

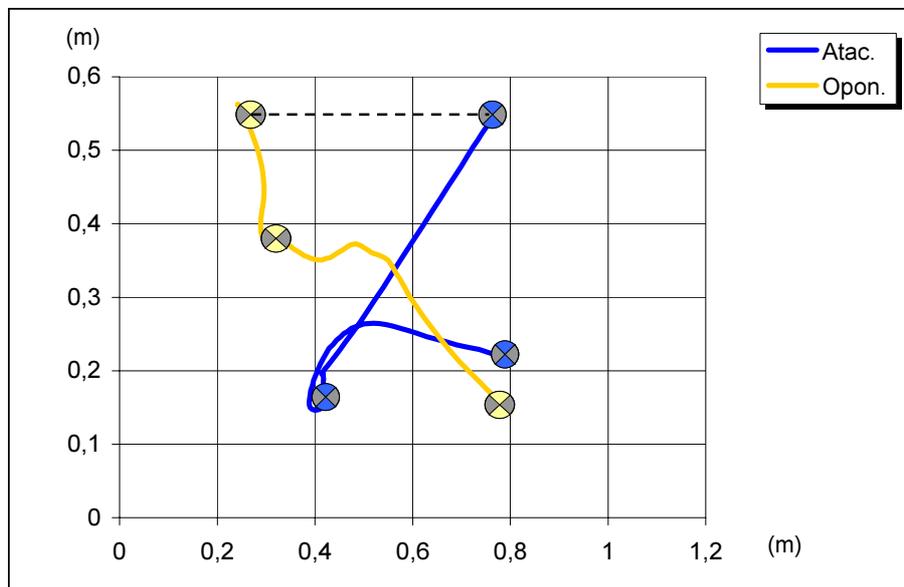
Desplazamiento CMs



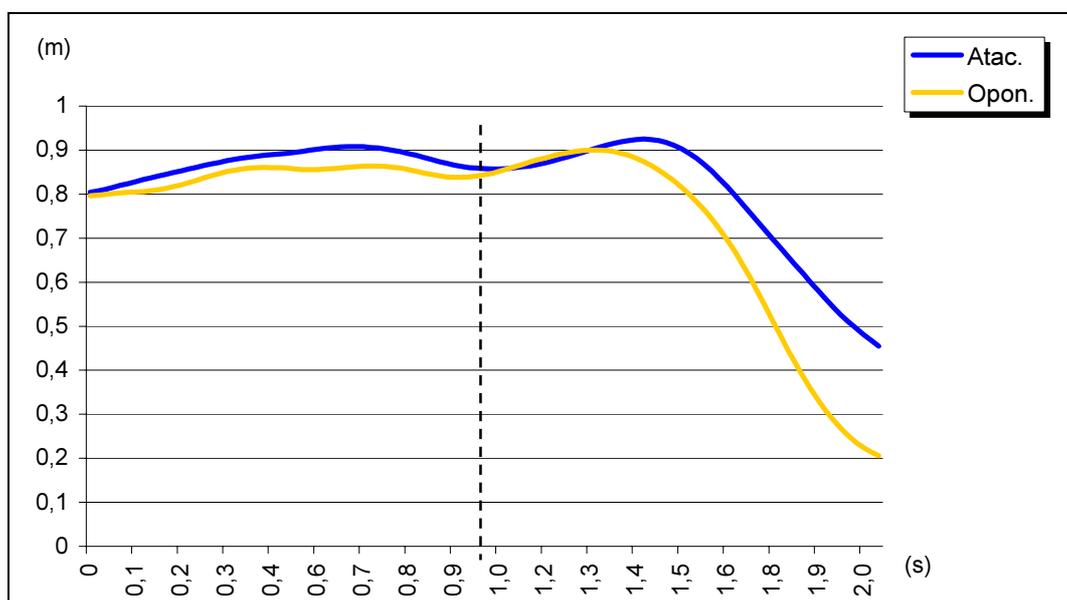
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.7.- Media vuelta

*Variables descriptivas:*

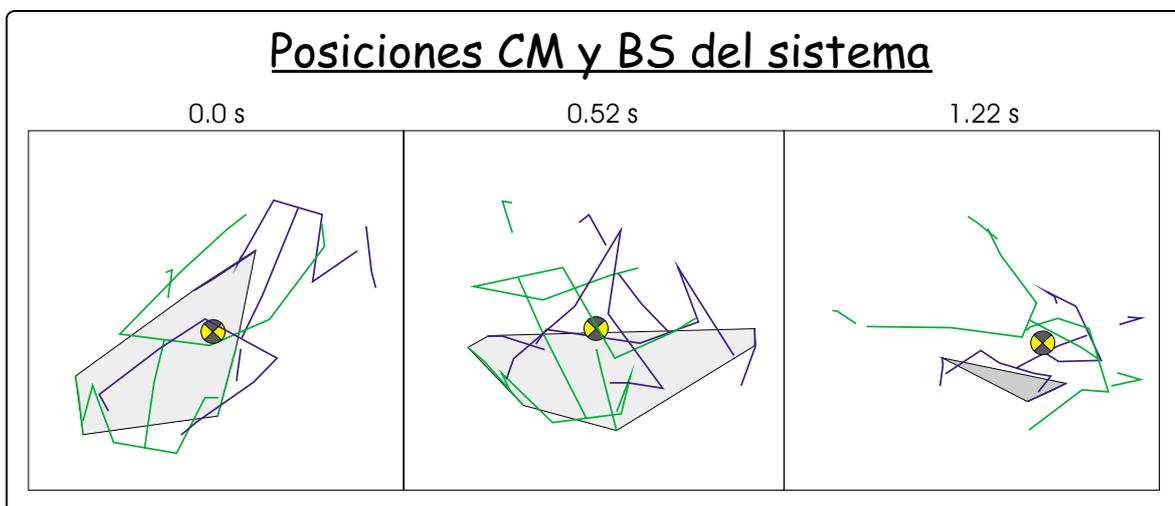
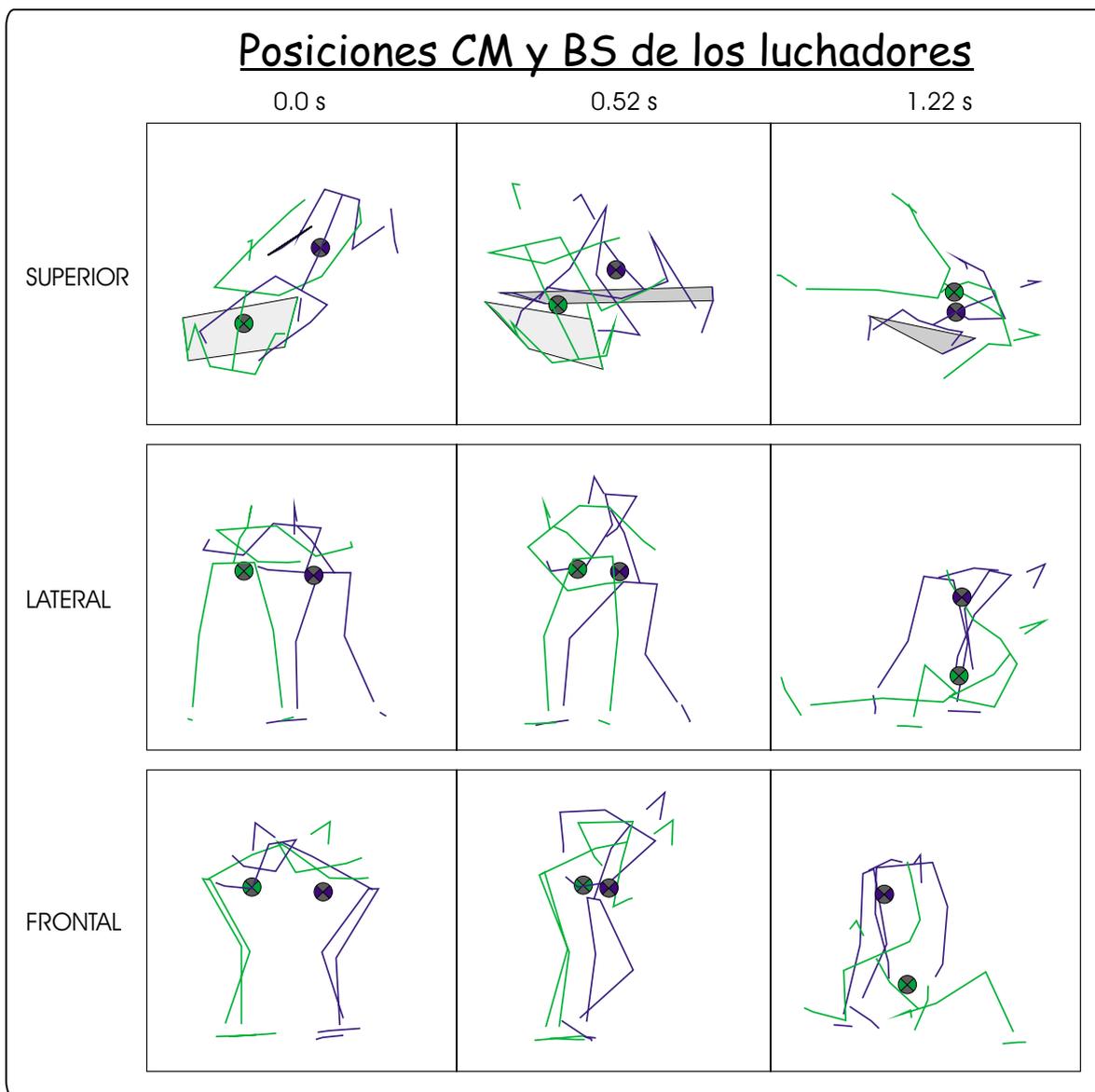
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.52	1.22
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	4.67	1.59
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	12.02	2.40	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	21.10	16.90	---
Altura del CMAAt (m)	0.75	0.79	0.71
Altura del CMOp (m)	0.77	0.81	0.24
Distancia entre CMs (m)	0.51	0.26	0.49
Nº Aristas de Caída At	1	3	1
Nº Aristas de Caída Op	4	3	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-8.0 (1)	-5.5 (2)	-15.2 (1)
Ángulo Caída Menor Op (°)	5.6 (2)	-8.8 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-46.2	-157.8
Dirección CMOp (°)	0	5.0	5.6

#### Continuas

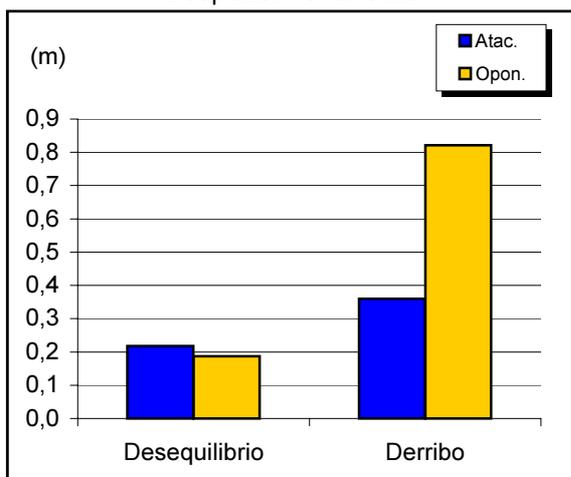
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.52	0.7	1.22
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.22	0.36	0.58
Desplazamiento del CMOp (m)	0.19	0.82	1.01
Desplazamiento del Sistema (m)	0.12	0.53	0.66

Media Vuelta: cronogramas

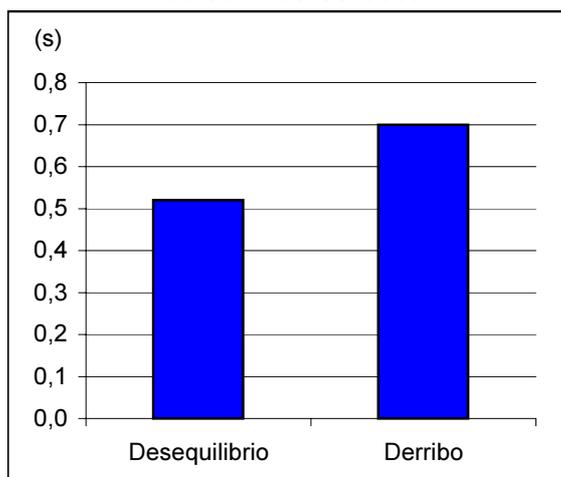


## Media Vuelta: gráficas

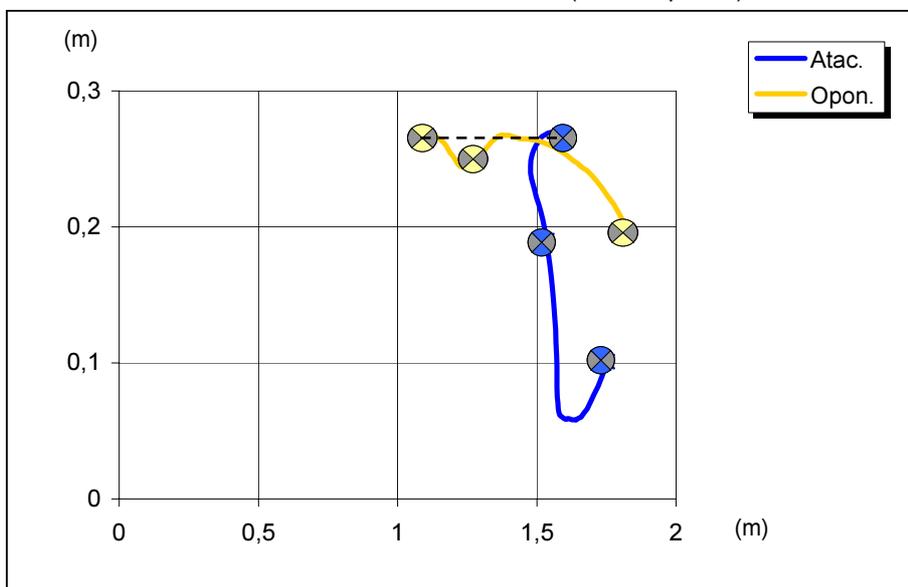
Desplazamiento CMs



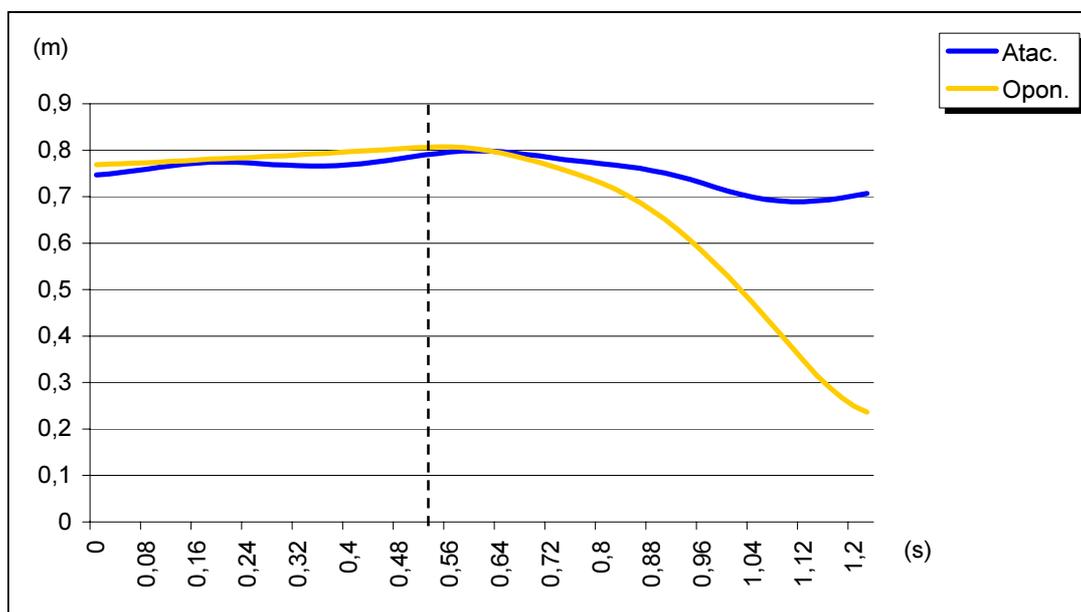
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



## 5.2.8.- Remolino

Variables descriptivas:

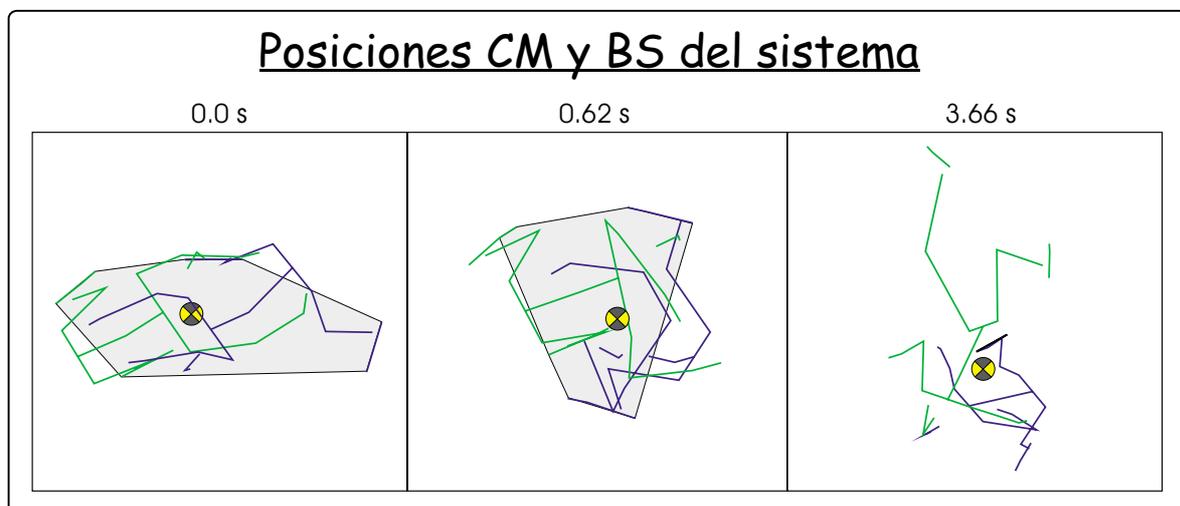
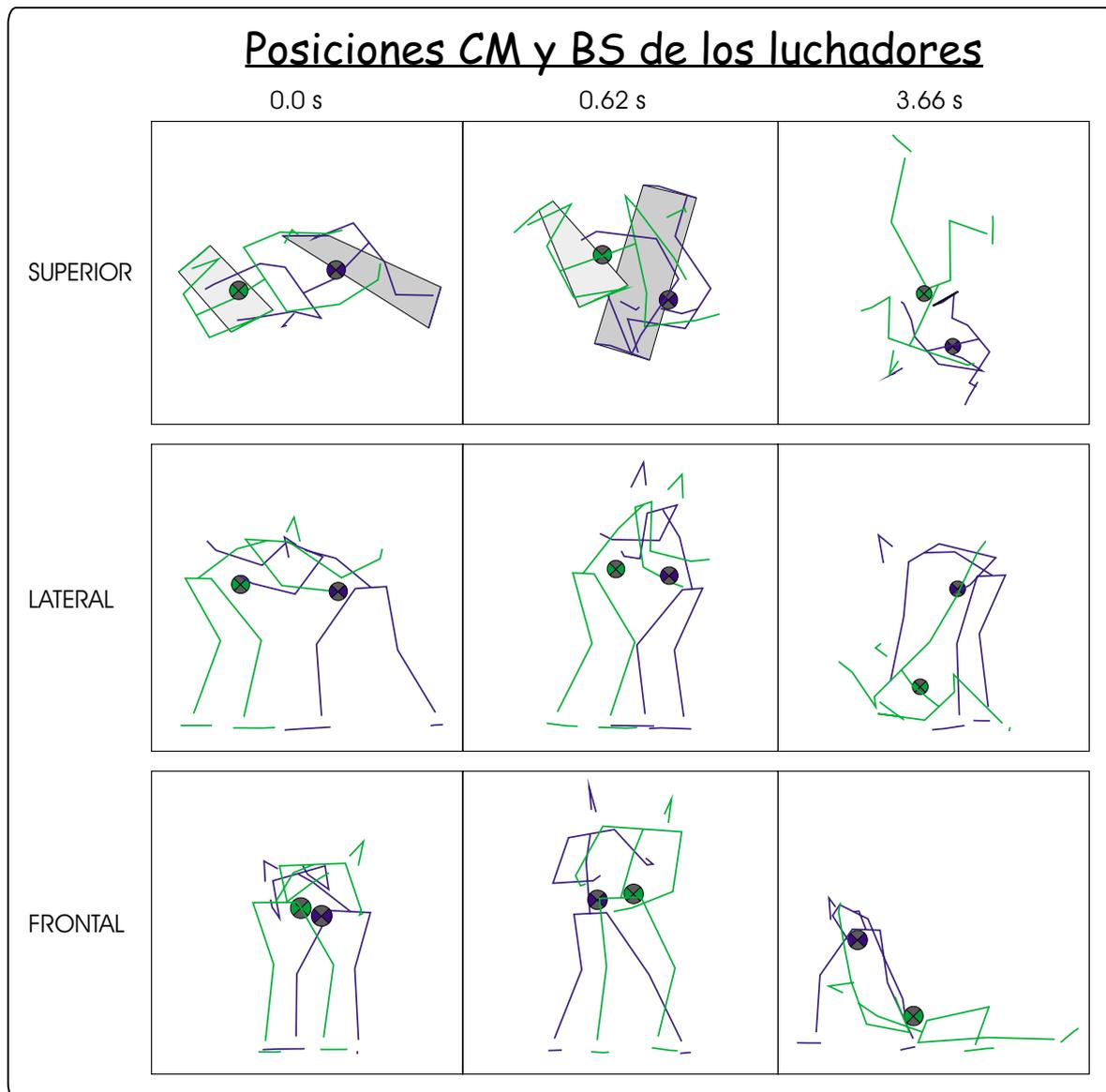
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.62	3.66
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	14.20	17.04	1.59
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	10.70	6.94	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	51.64	30.28	---
Altura del CMAAt (m)	0.69	0.77	0.69
Altura del CMOp (m)	0.73	0.81	0.20
Distancia entre CMs (m)	0.50	0.32	0.63
Nº Aristas de Caída At	4	4	1
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-0.3 (2)	-0.4 (4)	-23.1 (1)
Ángulo Caída Menor Op (°)	4.3 (2)	-0.1 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-45.7	109.4
Dirección CMOp (°)	0	5.0	-65.4

## Continuas

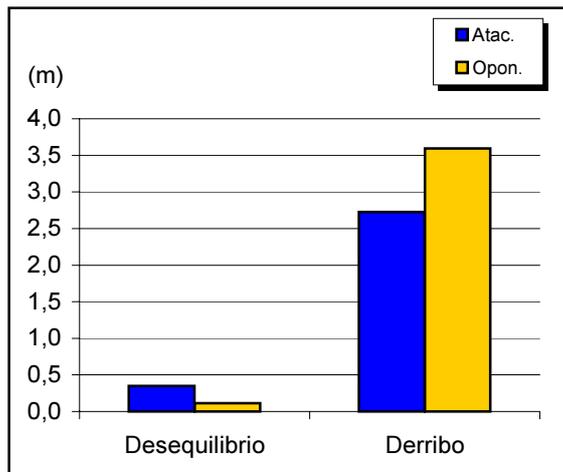
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.62	3.04	3.66
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.35	2.73	3.08
Desplazamiento del CMOp (m)	0.12	3.60	3.71
Desplazamiento del Sistema (m)	0.19	2.03	2.22

Remolino: cronogramas

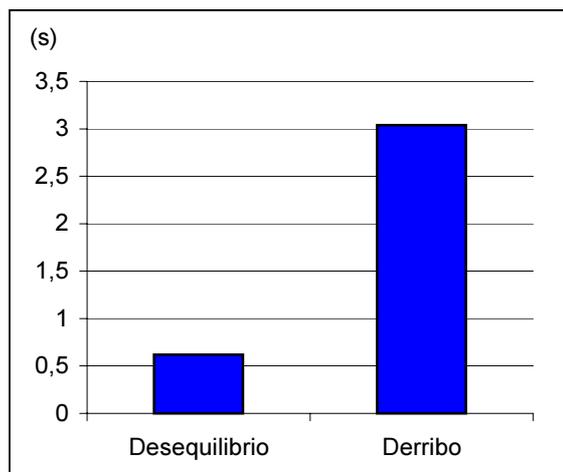


Remolino: gráficas

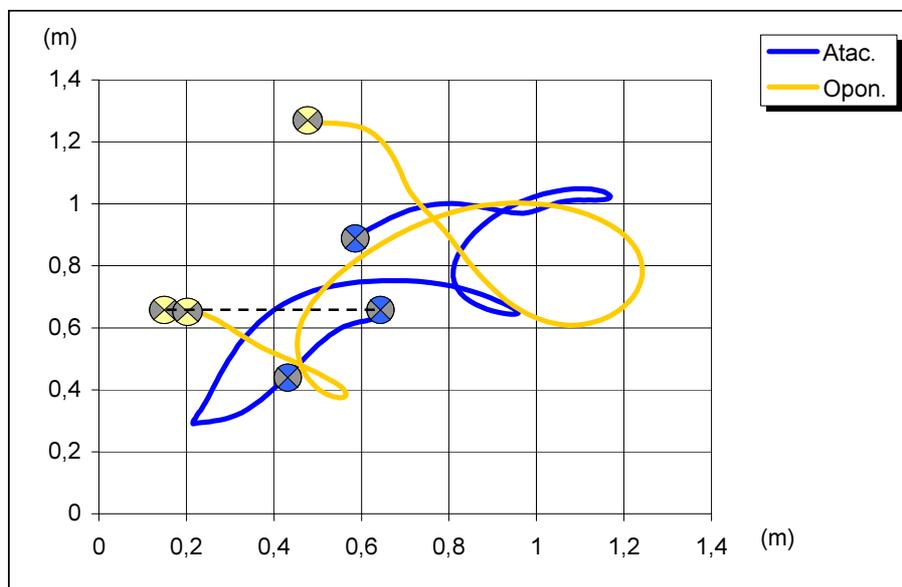
Desplazamiento CMs



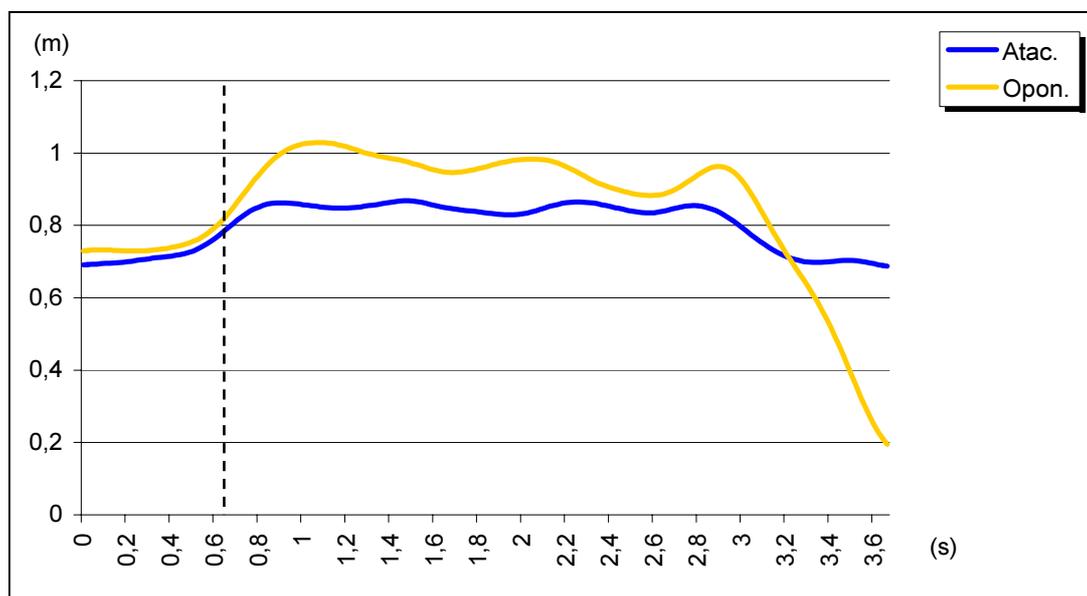
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.9.- Retortijón

*Variables descriptivas:*

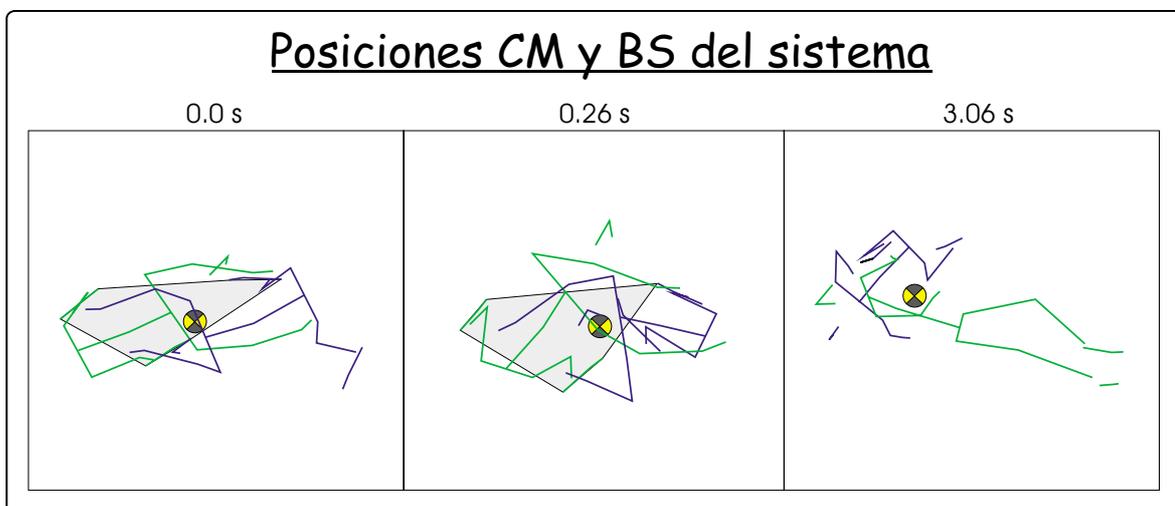
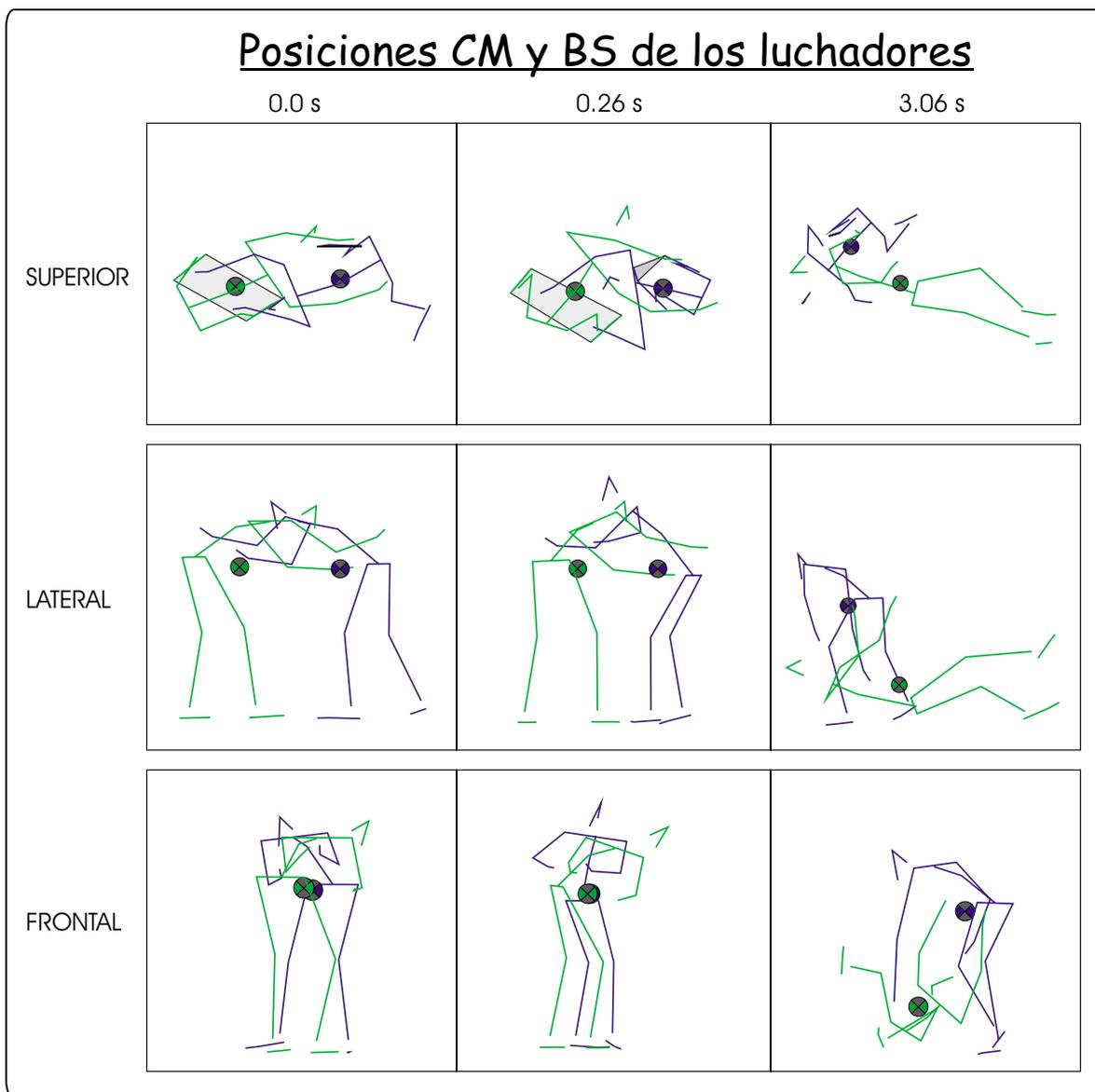
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.26	3.06
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	1.19	0.61
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	9.05	8.72	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	19.39	16.88	---
Altura del CMAAt (m)	0.77	0.80	0.68
Altura del CMOp (m)	0.78	0.80	0.22
Distancia entre CMs (m)	0.51	0.41	0.58
Nº Aristas de Caída At	1	3	1
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-11.9 (1)	-7.7 (4)	-8.2 (1)
Ángulo Caída Menor Op (°)	4.7 (2)	-0.2 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	5.8	-130.3
Dirección CMOp (°)	0	-47.2	34.7

#### Continuas

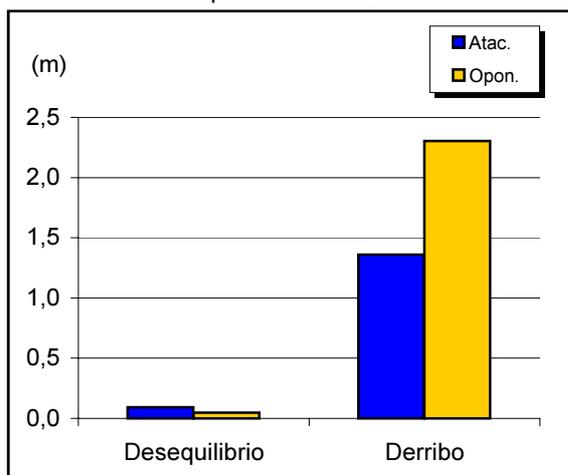
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.26	2.8	3.06
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.09	1.36	1.45
Desplazamiento del CMOp (m)	0.05	2.31	2.35
Desplazamiento del Sistema (m)	0.05	1.67	1.71

*Retortijón: cronogramas*

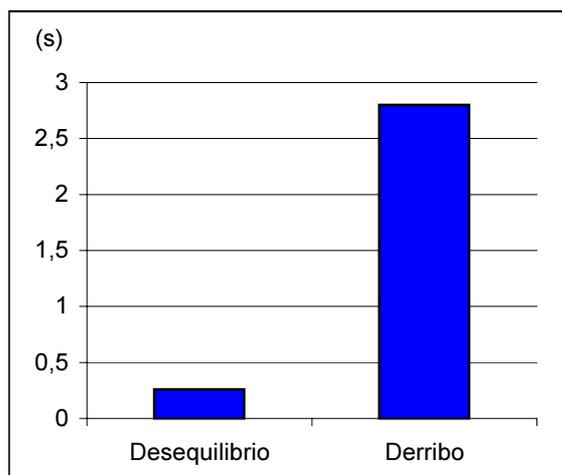


## Retortijón: gráficas

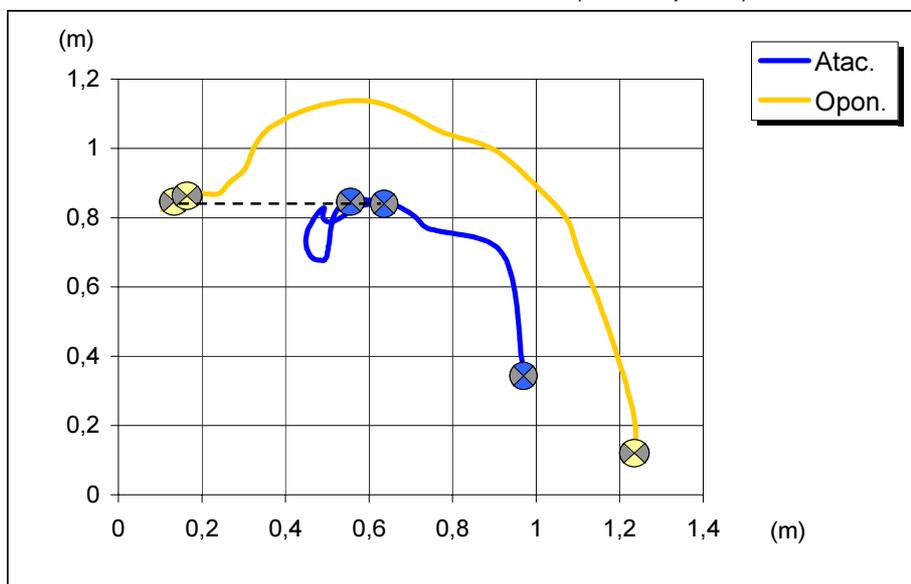
Desplazamiento CMs



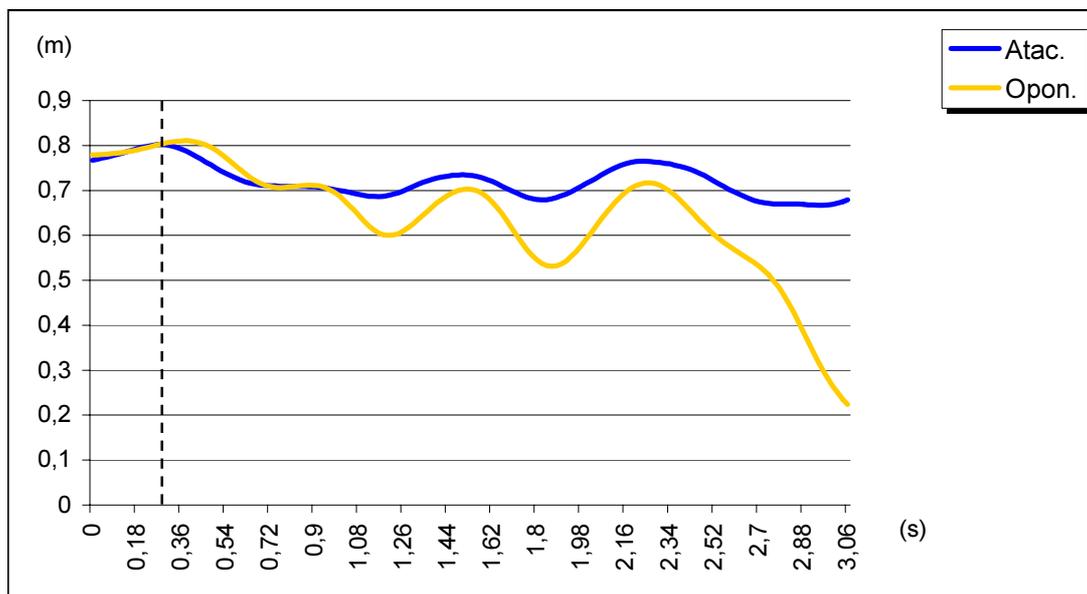
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



## S.2.10.- Rodillín

Variables descriptivas:

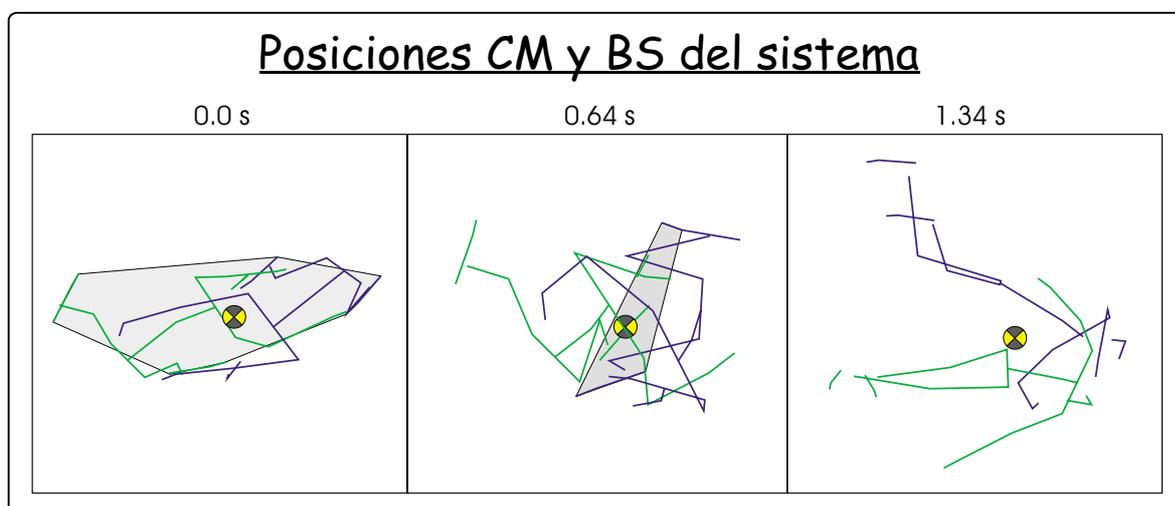
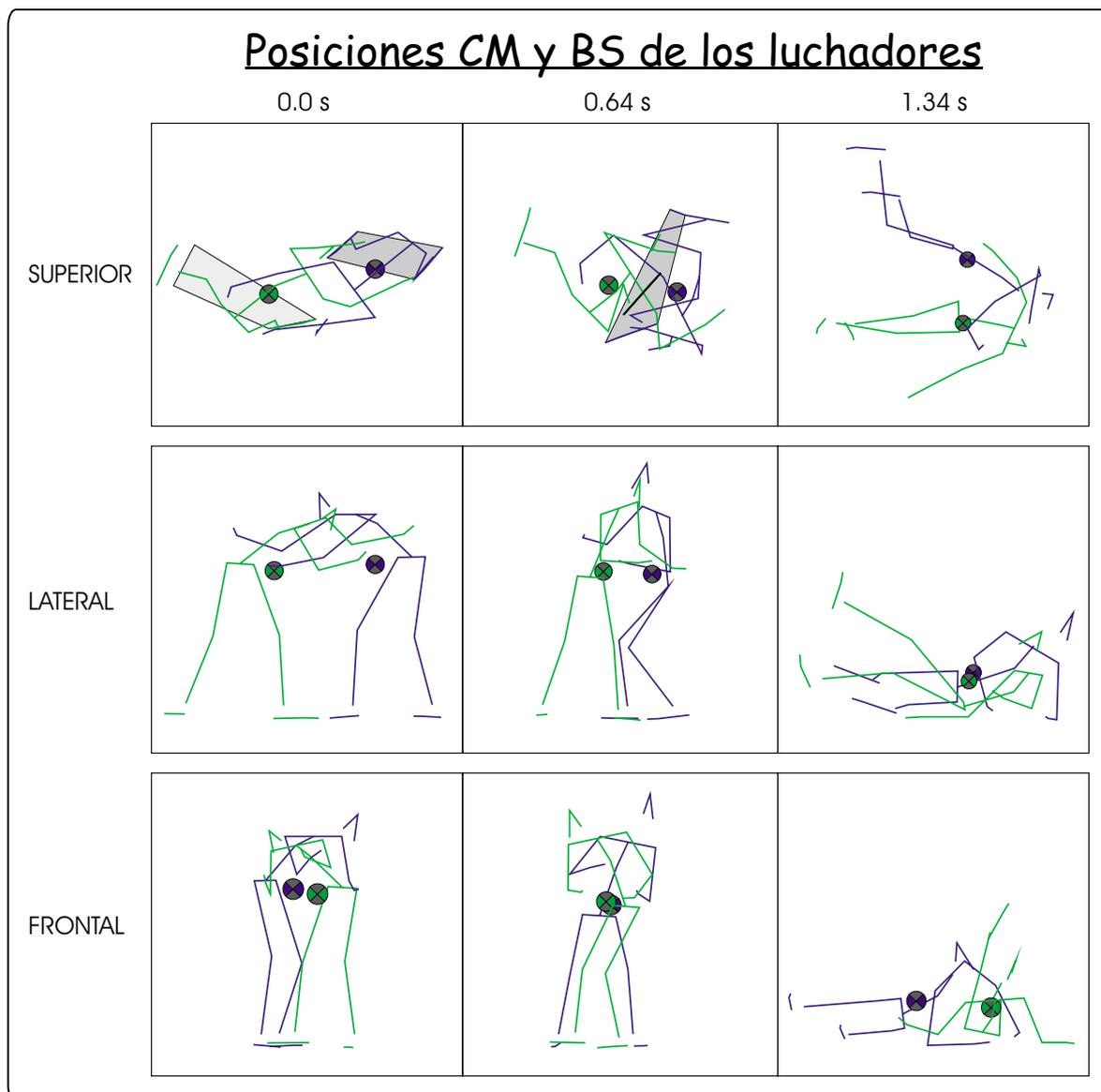
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.64	1.34
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	9.65	7.16	---
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	13.39	1.60	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	45.22	7.15	---
Altura del CMAAt (m)	0.81	0.80	0.23
Altura del CMOp (m)	0.77	0.82	0.20
Distancia entre CMs (m)	0.55	0.27	0.39
Nº Aristas de Caída At	4	4	0
Nº Aristas de Caída Op	4	1	0
Ángulo Caída Menor At (°)	0.0 (2)	-2.9 (4)	---
Ángulo Caída Menor Op (°)	1.1 (2)	-8.3 (1)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-16.1	-34.6
Dirección CMOp (°)	0	164.6	100.5

## Continuas

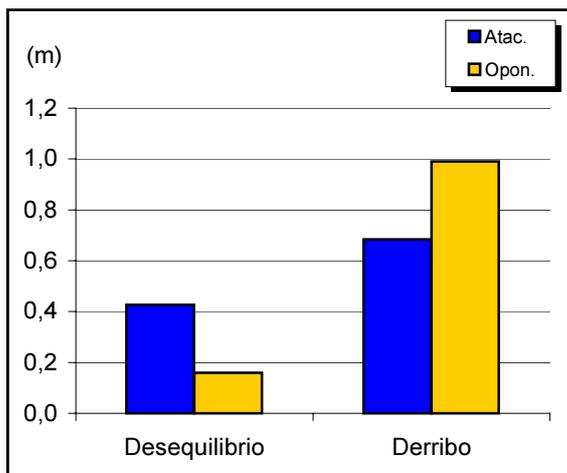
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.64	0.7	1.34
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.43	0.68	1.11
Desplazamiento del CMOp (m)	0.16	0.99	1.15
Desplazamiento del Sistema (m)	0.28	0.80	1.08

Rodillín: cronogramas

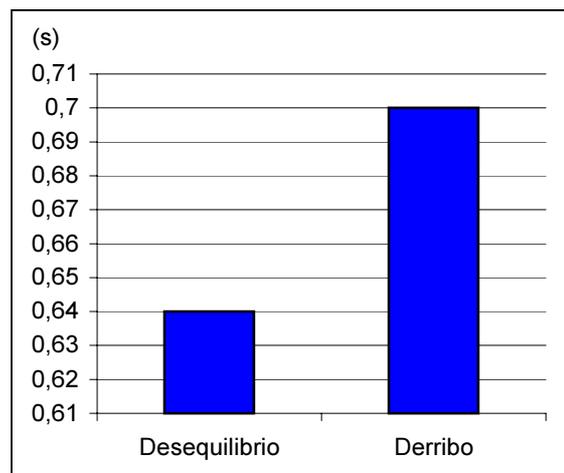


*Resúmenes: gráficas*

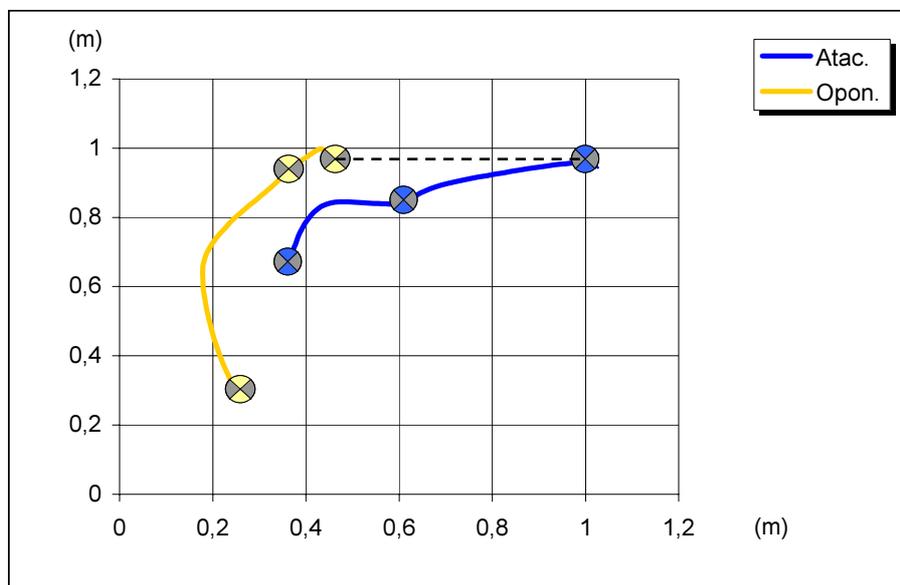
Desplazamiento CMs



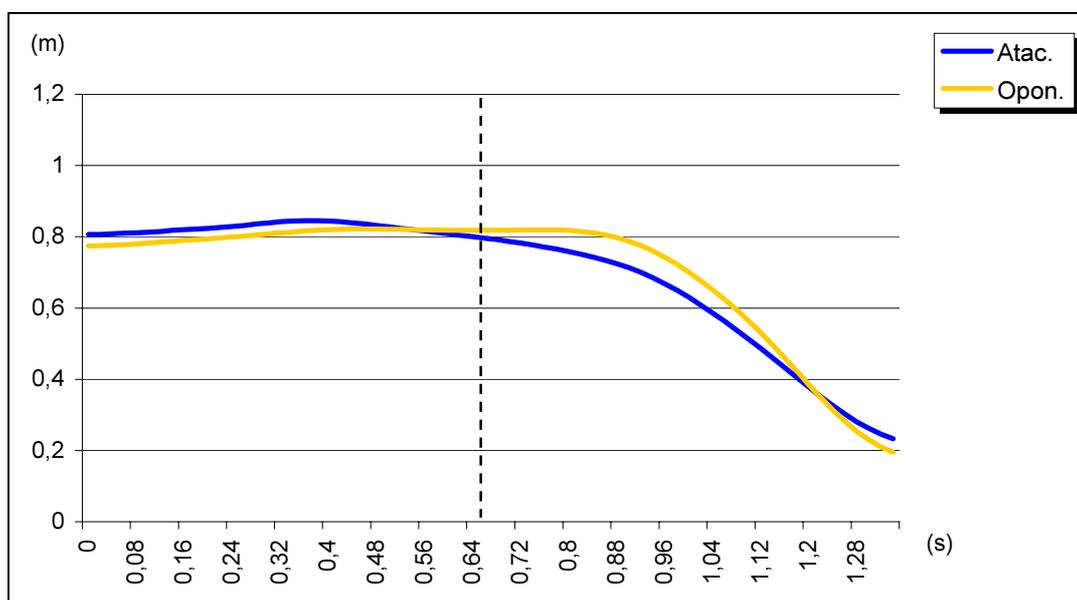
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.11.- Saque a vueltas

*Variables descriptivas:*

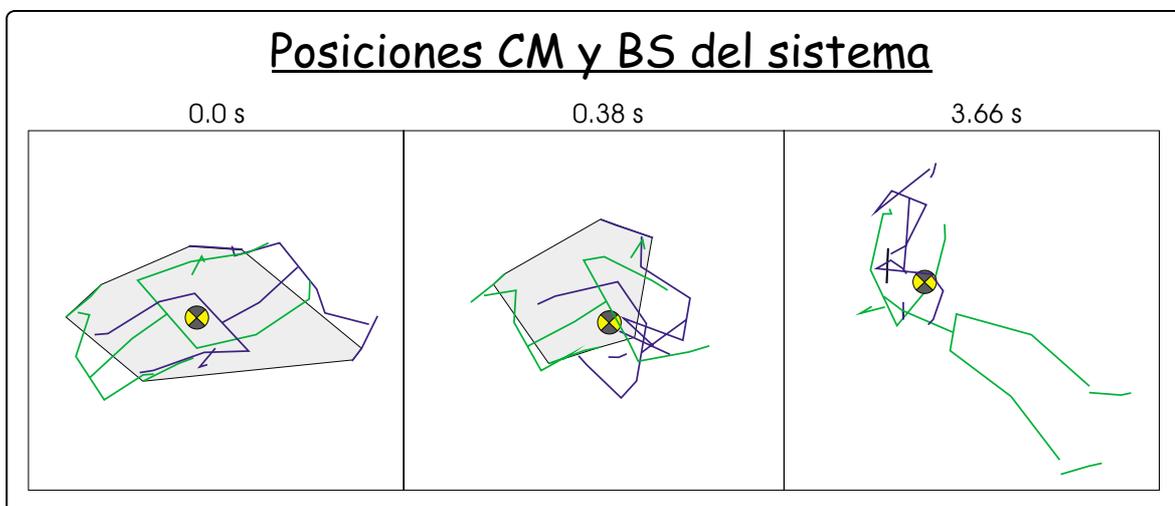
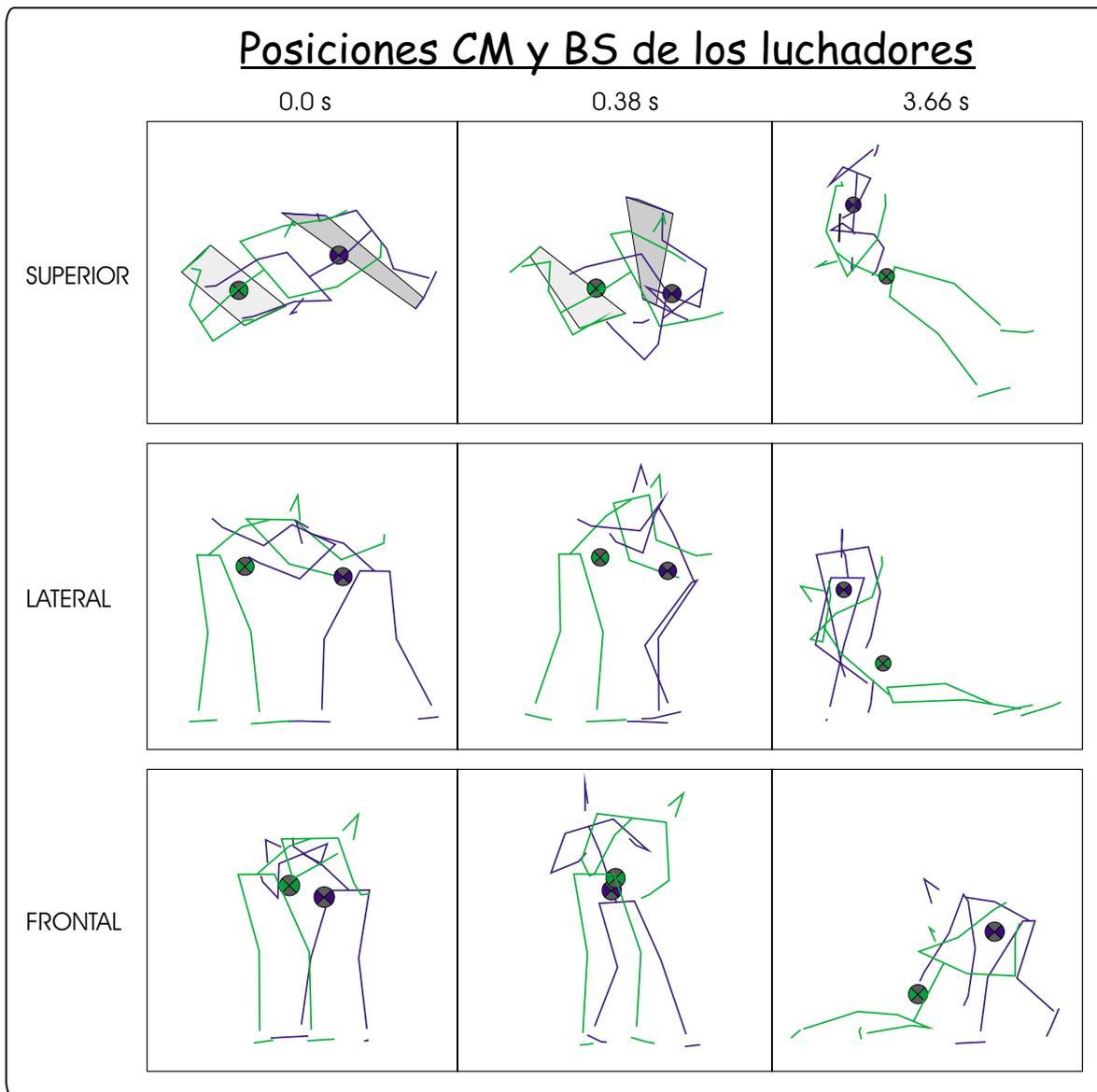
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.38	3.66
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	8.17	7.40	1.61
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	10.04	7.02	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	40.15	28.38	---
Altura del CMAAt (m)	0.74	0.79	0.66
Altura del CMOp (m)	0.80	0.85	0.27
Distancia entre CMs (m)	0.53	0.35	0.63
Nº Aristas de Caída At	4	4	1
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-0.6 (2)	-4.5 (4)	-7.0 (3)
Ángulo Caída Menor Op (°)	6.2 (2)	-0.4 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-54.8	97.7
Dirección CMOp (°)	0	12.1	-14.6

#### Continuas

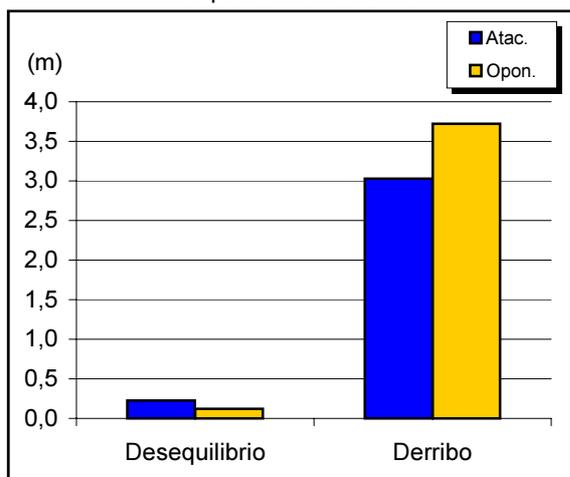
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.38	3.28	3.66
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.22	3.03	3.25
Desplazamiento del CMOp (m)	0.12	3.72	3.84
Desplazamiento del Sistema (m)	0.13	1.65	1.78

Saque a Vueltas: cronogramas

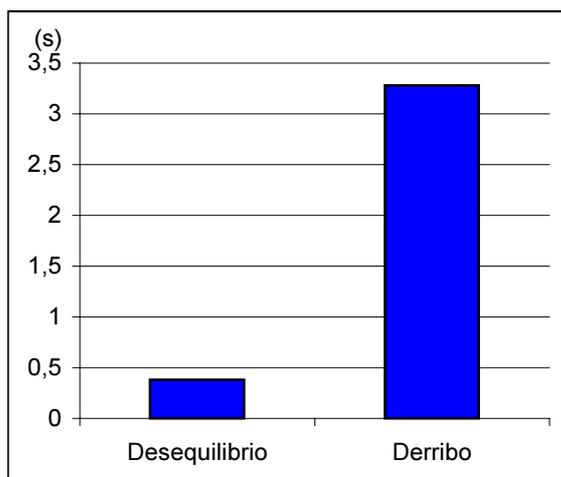


## Saque a Vueltas: gráficas

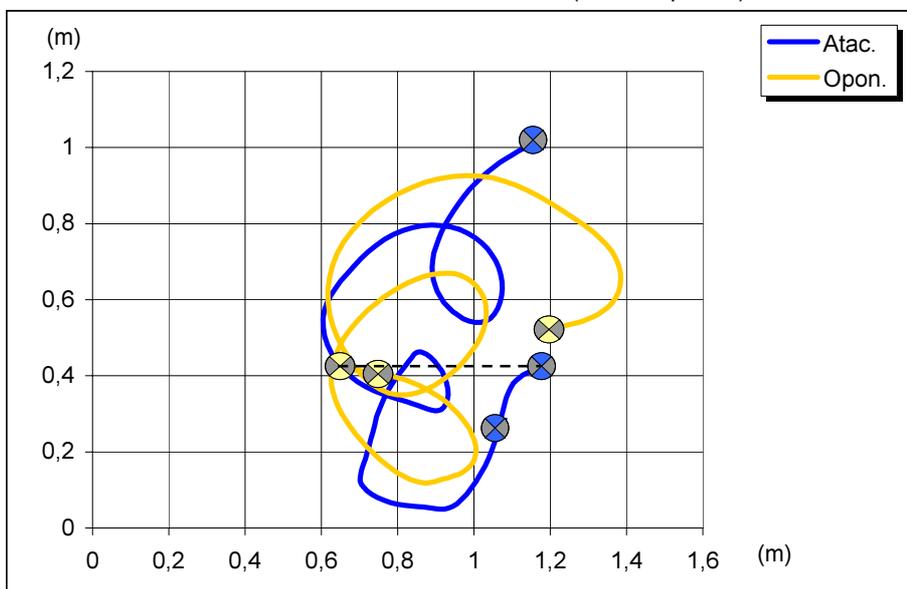
Desplazamiento CMs



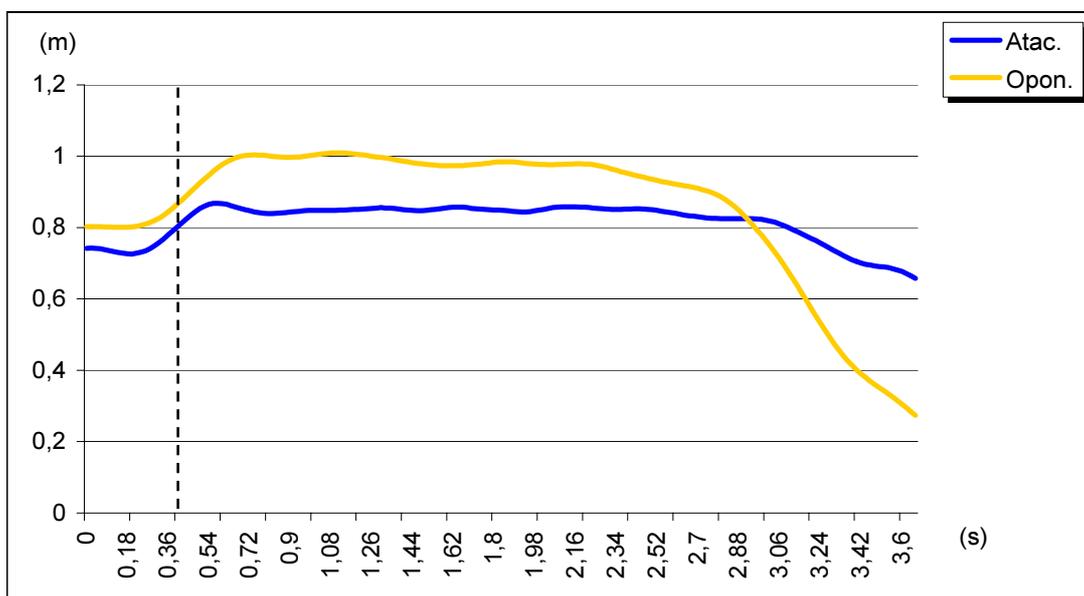
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



## 5.2.12.- Sobaquillo

Variables descriptivas:

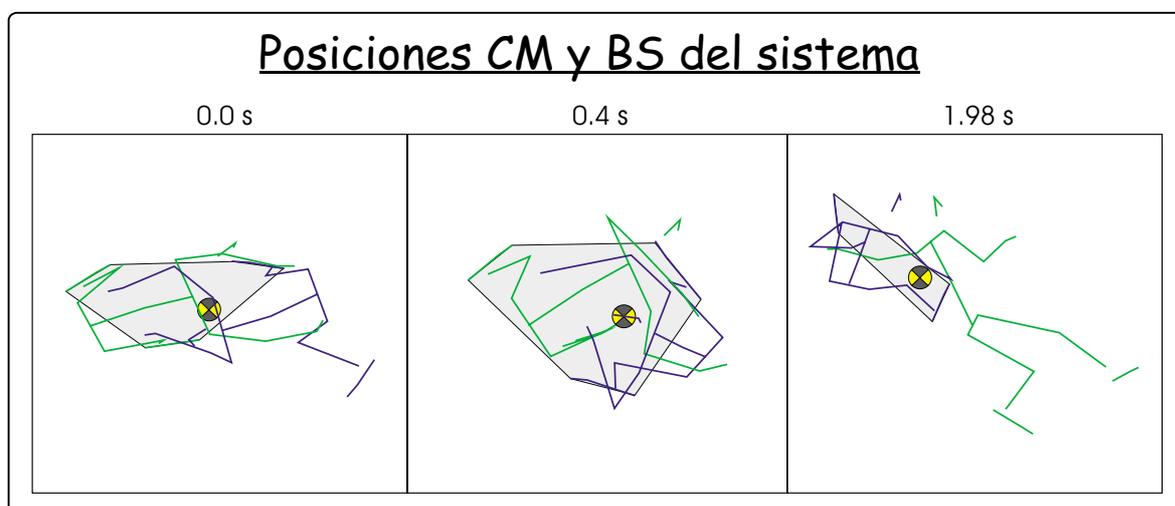
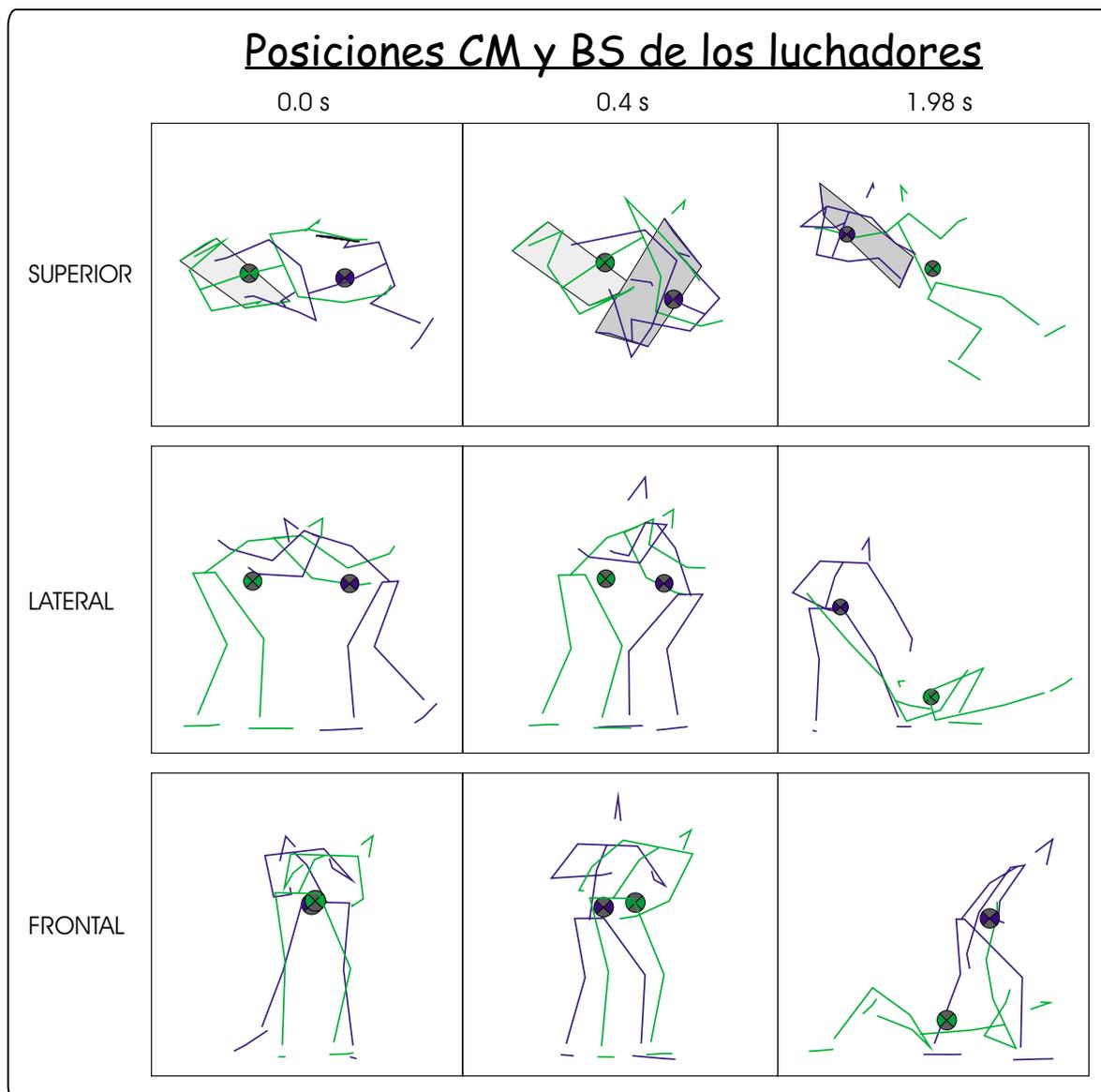
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.4	1.98
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	14.82	13.25
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	9.54	9.68	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	22.61	32.61	---
Altura del CMAAt (m)	0.74	0.77	0.72
Altura del CMOp (m)	0.76	0.79	0.19
Distancia entre CMs (m)	0.48	0.34	0.78
Nº Aristas de Caída At	1	4	4
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-14.7 (1)	1.8 (4)	1.0 (4)
Ángulo Caída Menor Op (°)	2.0 (2)	-0.3 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-48.7	-111.0
Dirección CMOp (°)	0	-7.7	41.9

## Continuas

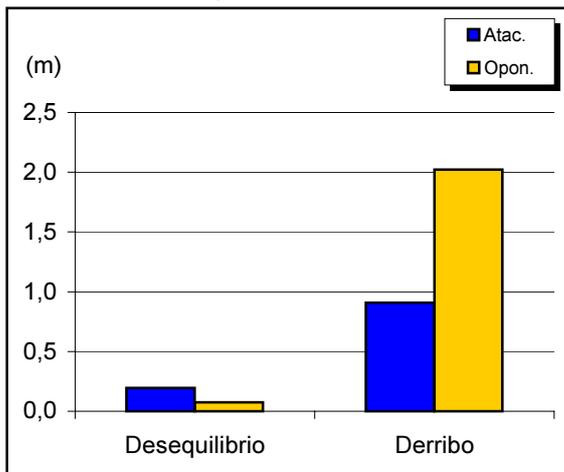
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.4	1.58	1.98
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.20	0.91	1.11
Desplazamiento del CMOp (m)	0.07	2.02	2.10
Desplazamiento del Sistema (m)	0.09	1.34	1.43

Sobaquillo: cronogramas

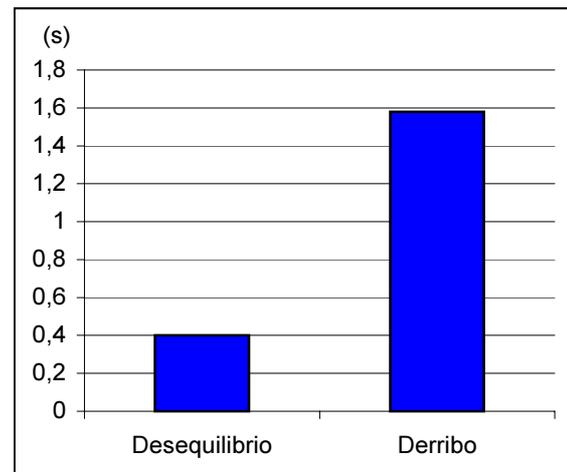


Sobaquillo: gráficas

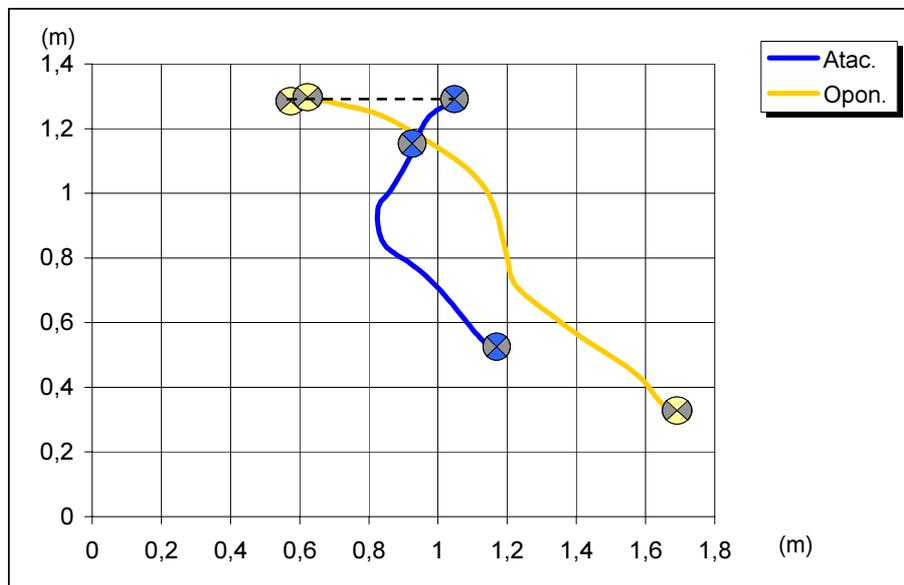
Desplazamiento CMs



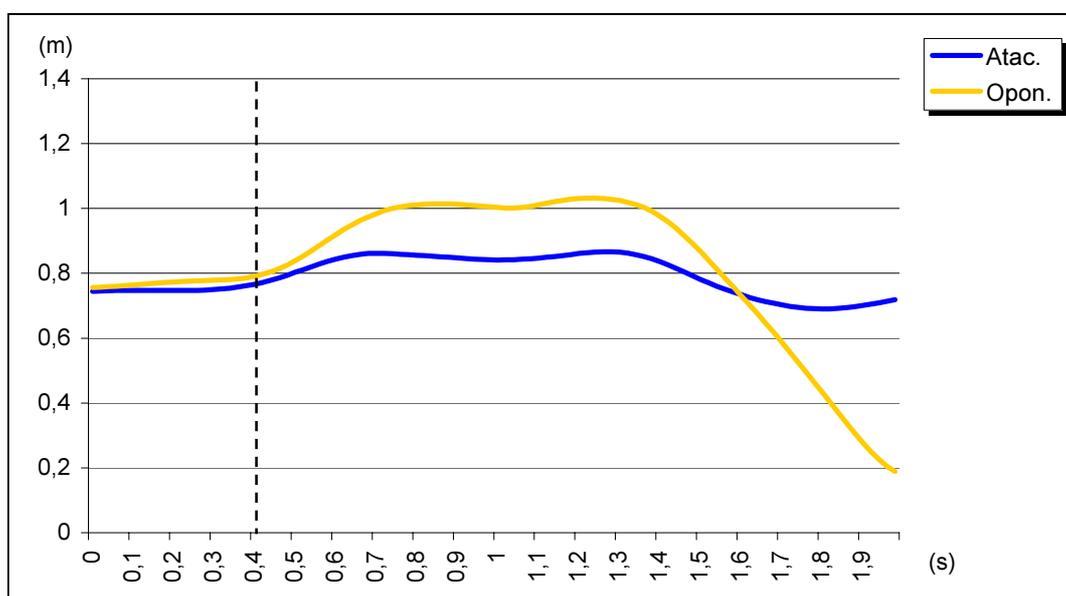
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.13.- Tranque

*Variables descriptivas:*

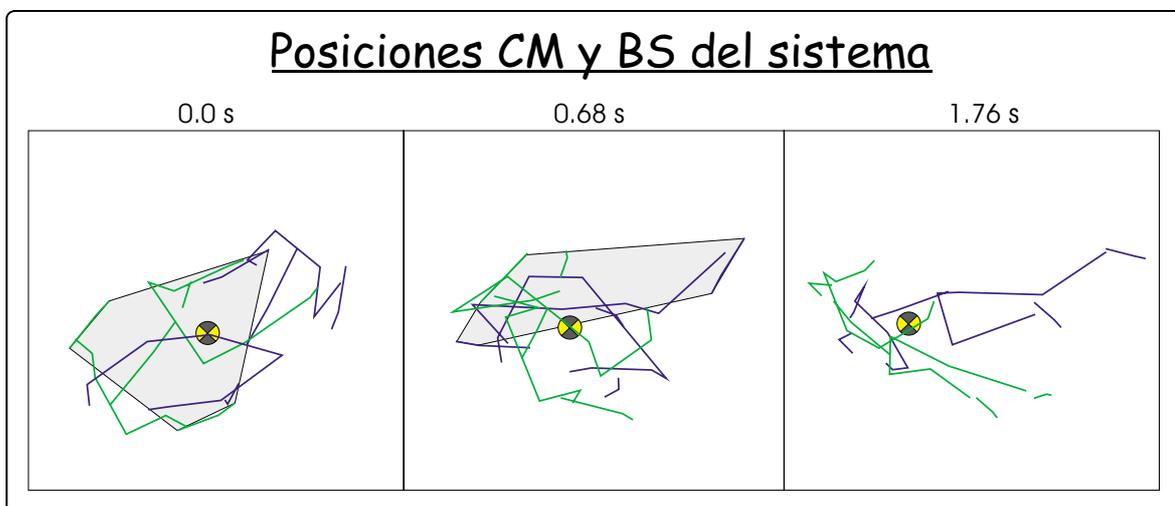
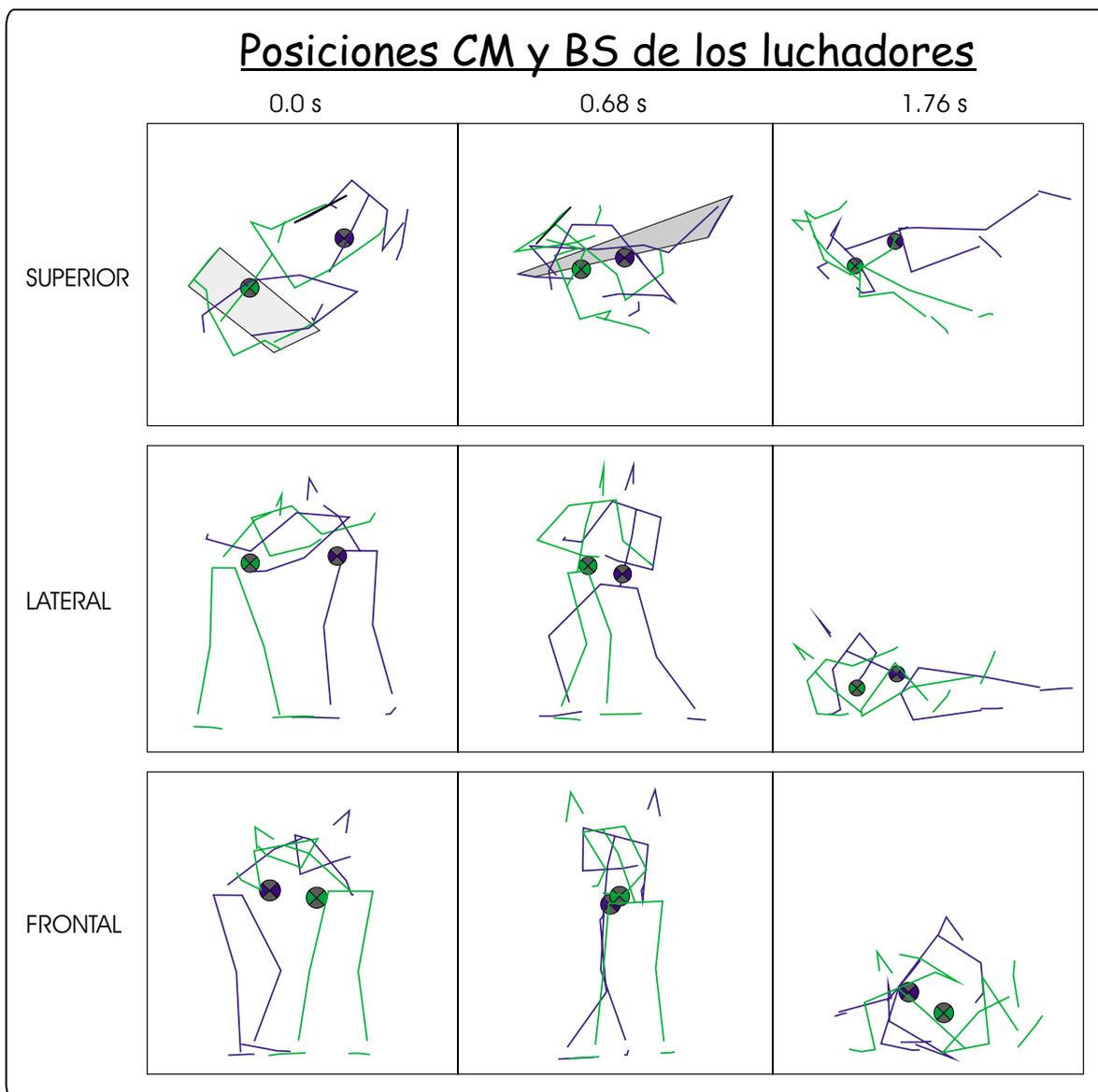
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.68	1.76
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	1.59	6.72	---
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	13.79	1.70	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	30.20	12.20	---
Altura del CMAAt (m)	0.83	0.81	0.33
Altura del CMOp (m)	0.80	0.85	0.24
Distancia entre CMs (m)	0.51	0.19	0.30
Nº Aristas de Caída At	1	4	0
Nº Aristas de Caída Op	4	1	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-12.0 (1)	-1.1 (2)	---
Ángulo Caída Menor Op (°)	6.7 (2)	-14.0 (3)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-7.6	19.9
Dirección CMOp (°)	0	171.6	-164.1

#### Continuas

	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.68	1.08	1.76
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.44	1.40	1.84
Desplazamiento del CMOp (m)	0.21	1.57	1.78
Desplazamiento del Sistema (m)	0.28	1.47	1.75

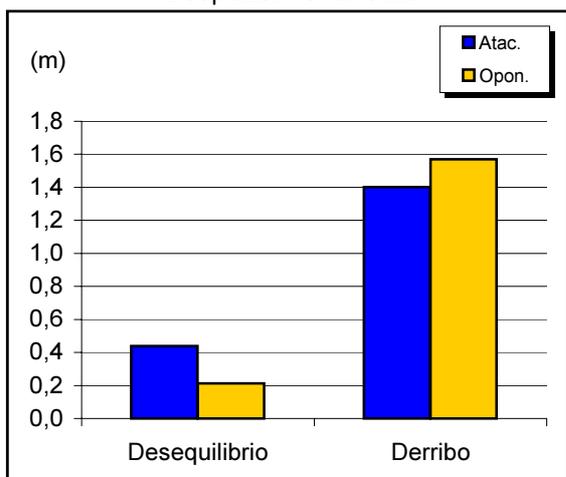
Tránque: cronogramas



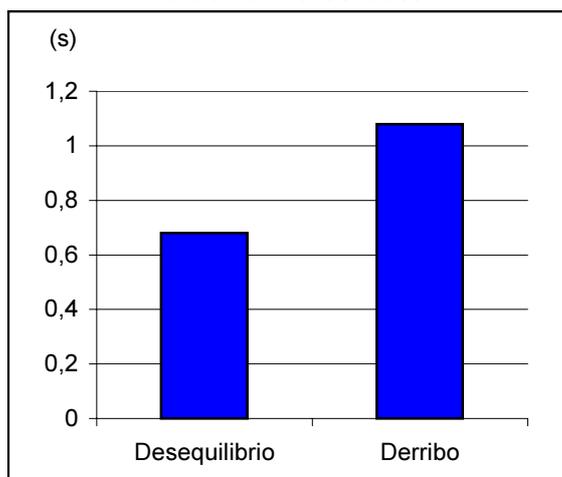
# Análisis Biomecánico de las Mañas de la Lucha Leonesa

Tranque: gráficas

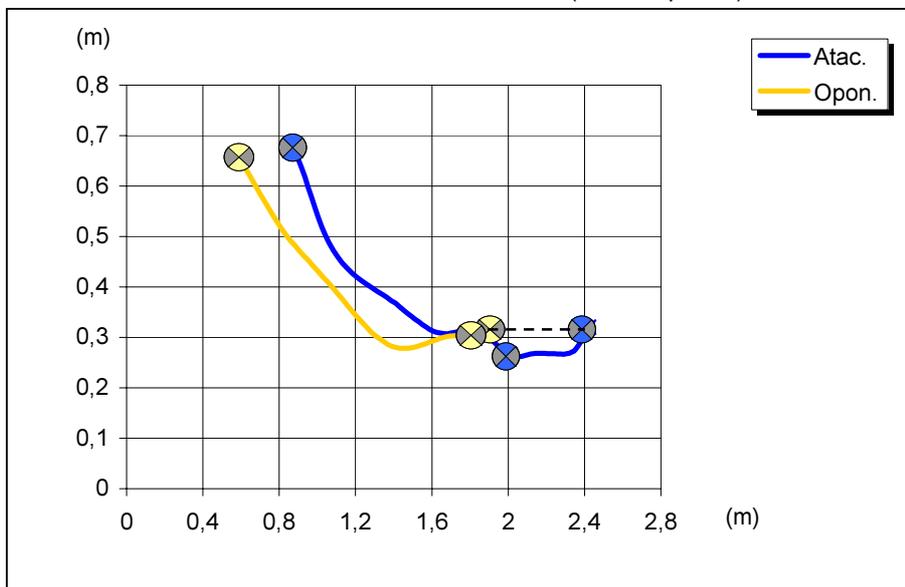
Desplazamiento CMs



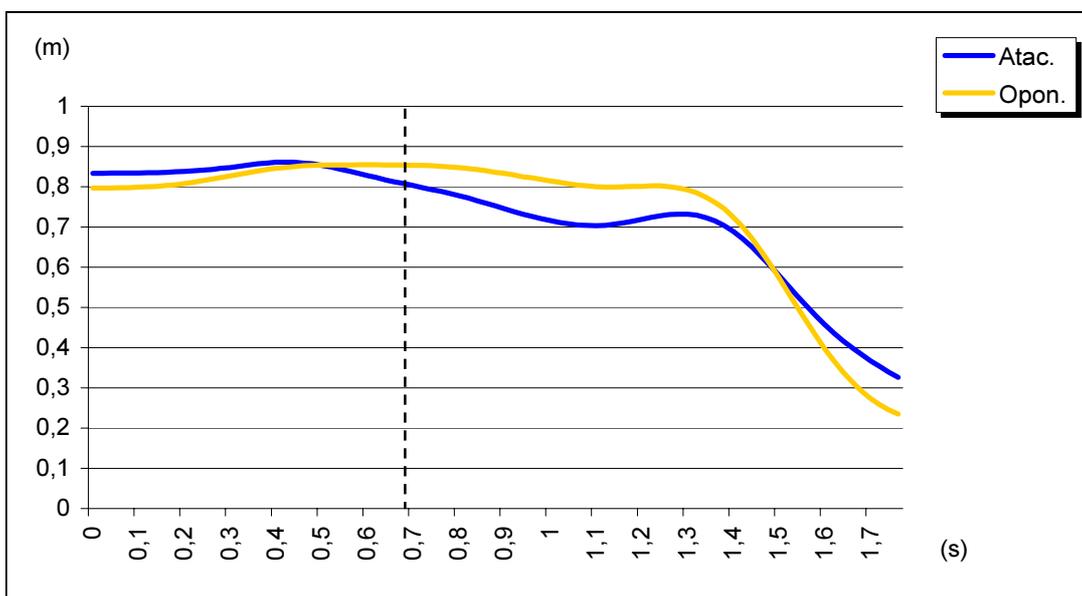
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



## S.2.14.- Trespiés

Variables descriptivas:

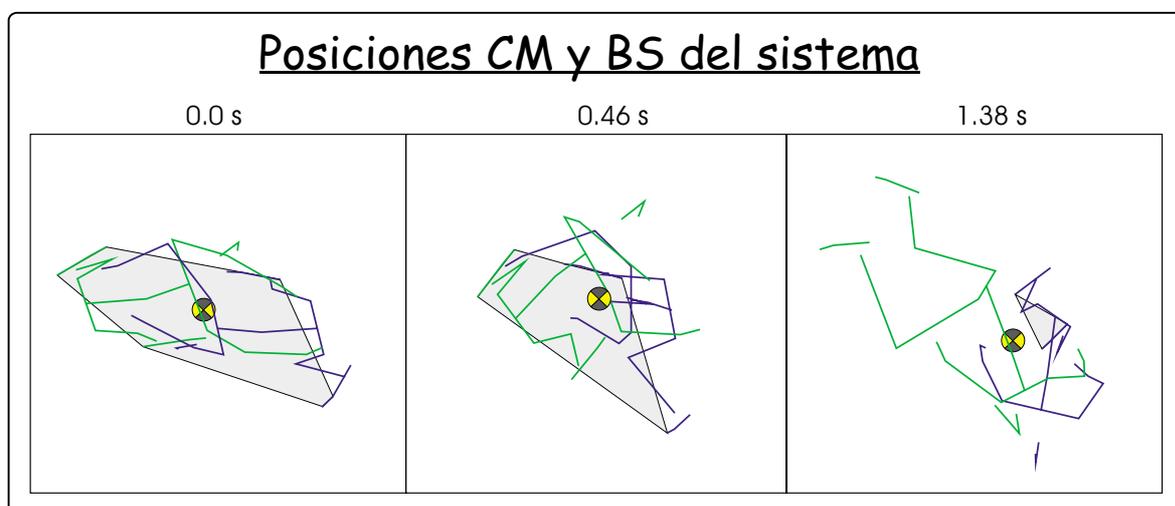
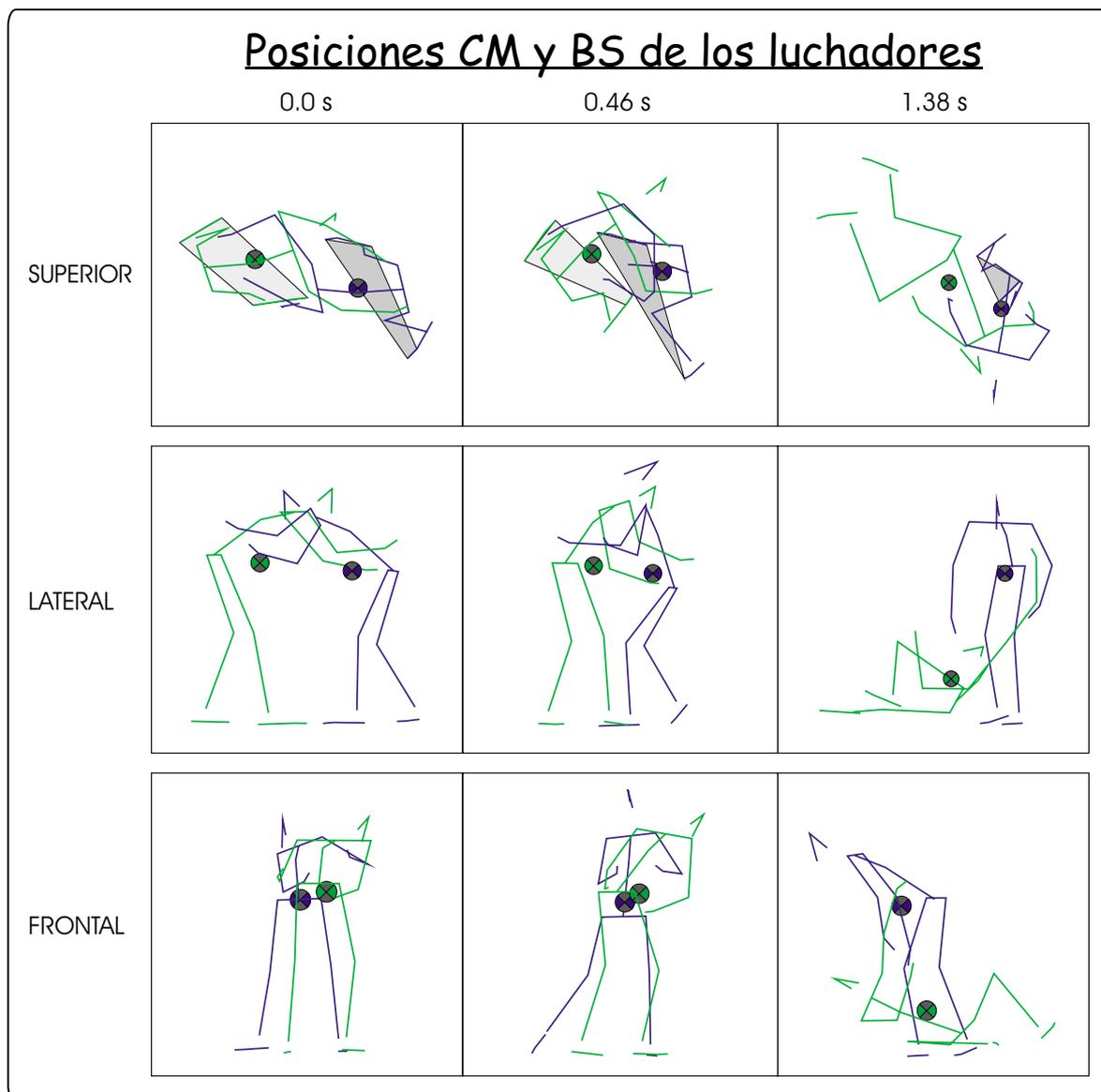
## Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.46	1.38
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	7.92	6.72	2.75
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	11.07	7.26	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	36.28	21.27	---
Altura del CMAAt (m)	0.78	0.81	0.78
Altura del CMOp (m)	0.81	0.85	0.23
Distancia entre CMs (m)	0.49	0.32	0.62
Nº Aristas de Caída At	4	3	3
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-0.3 (2)	-2.4 (4)	-2.4 (3)
Ángulo Caída Menor Op (°)	2.5 (2)	-0.4 (2)	---
Dirección CMAAt (°)	0	18.7	-53.4
Dirección CMOp (°)	0	-126.5	160.9

## Continuas

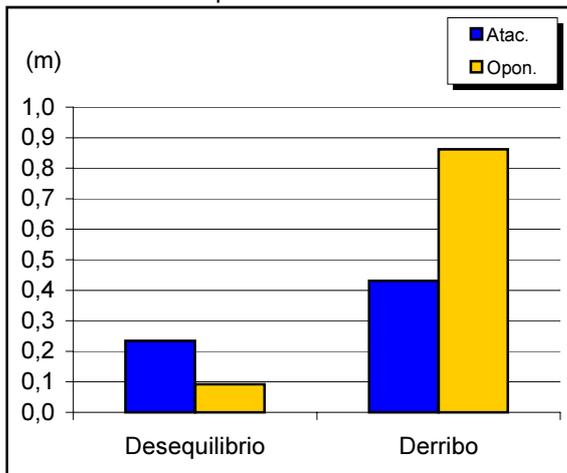
	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.46	0.92	1.38
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.23	0.43	0.67
Desplazamiento del CMOp (m)	0.09	0.86	0.95
Desplazamiento del Sistema (m)	0.15	0.54	0.69

Trespés: cronogramas

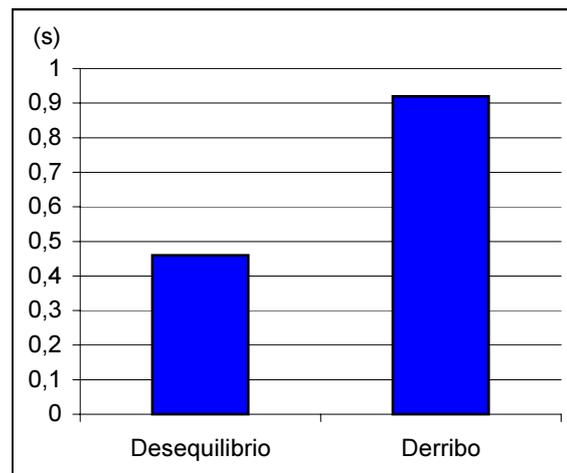


Trespiés: gráficas

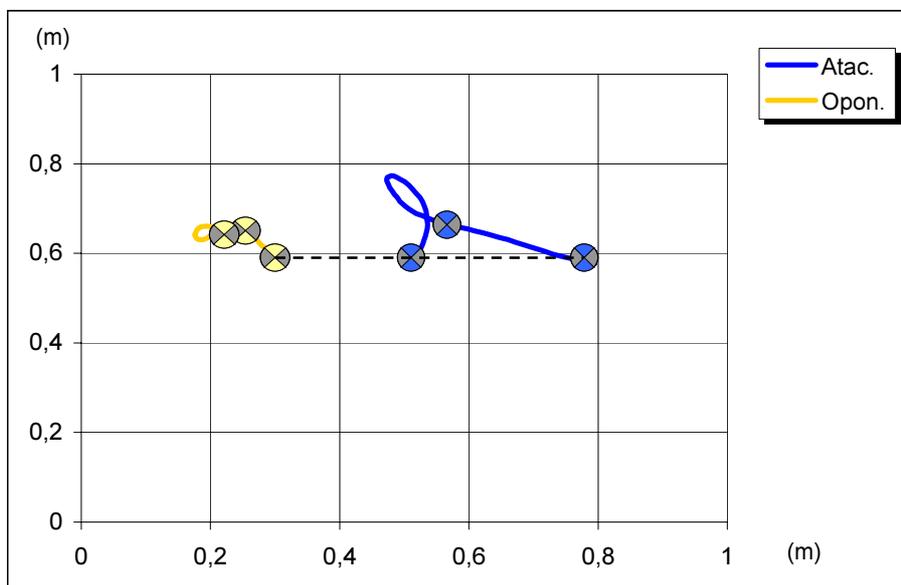
Desplazamiento CMs



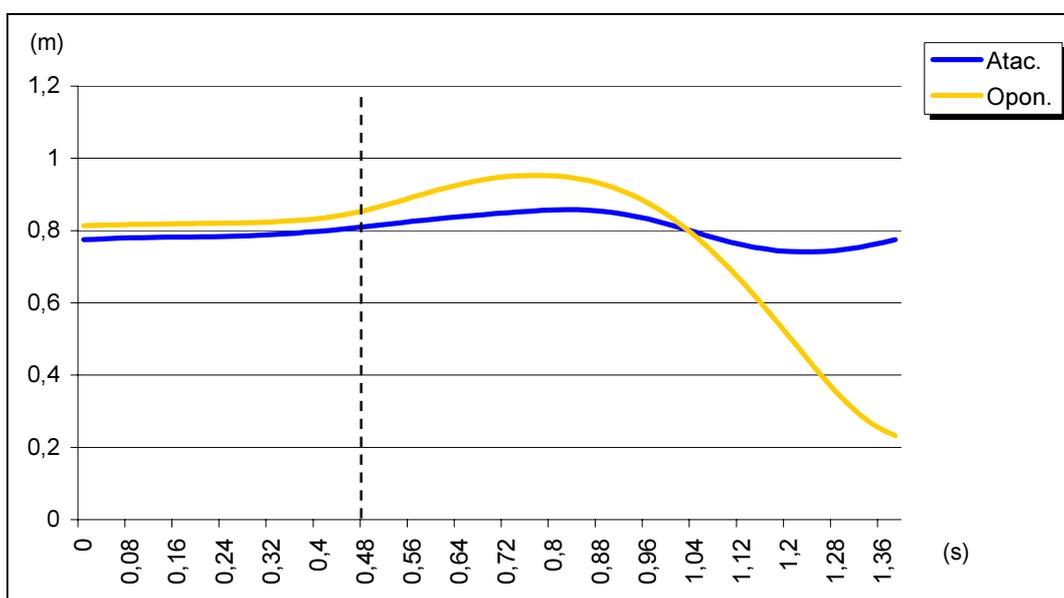
Duración de las fases



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.2.15.- Zancazo

*Variables descriptivas:*

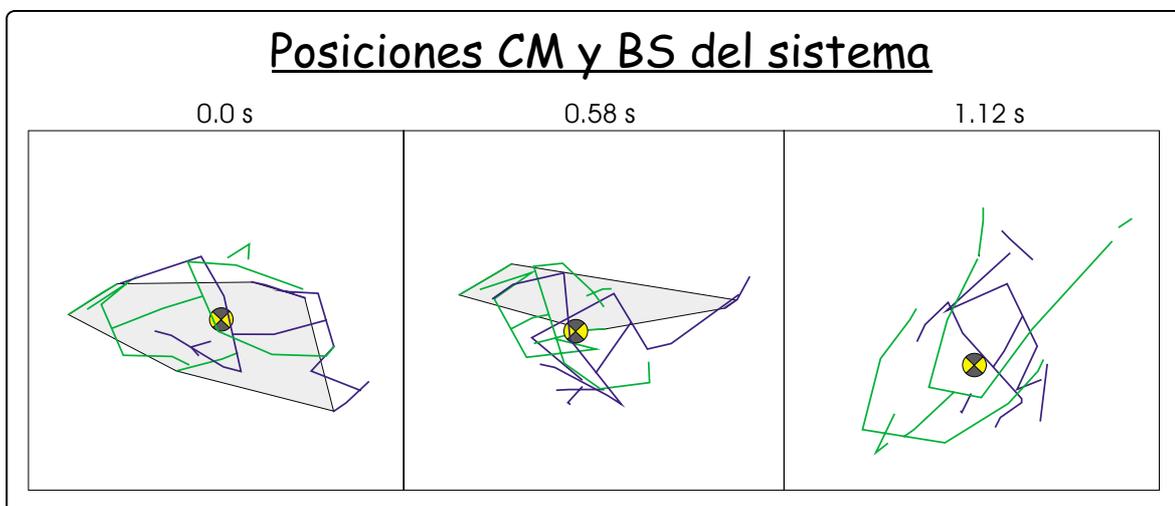
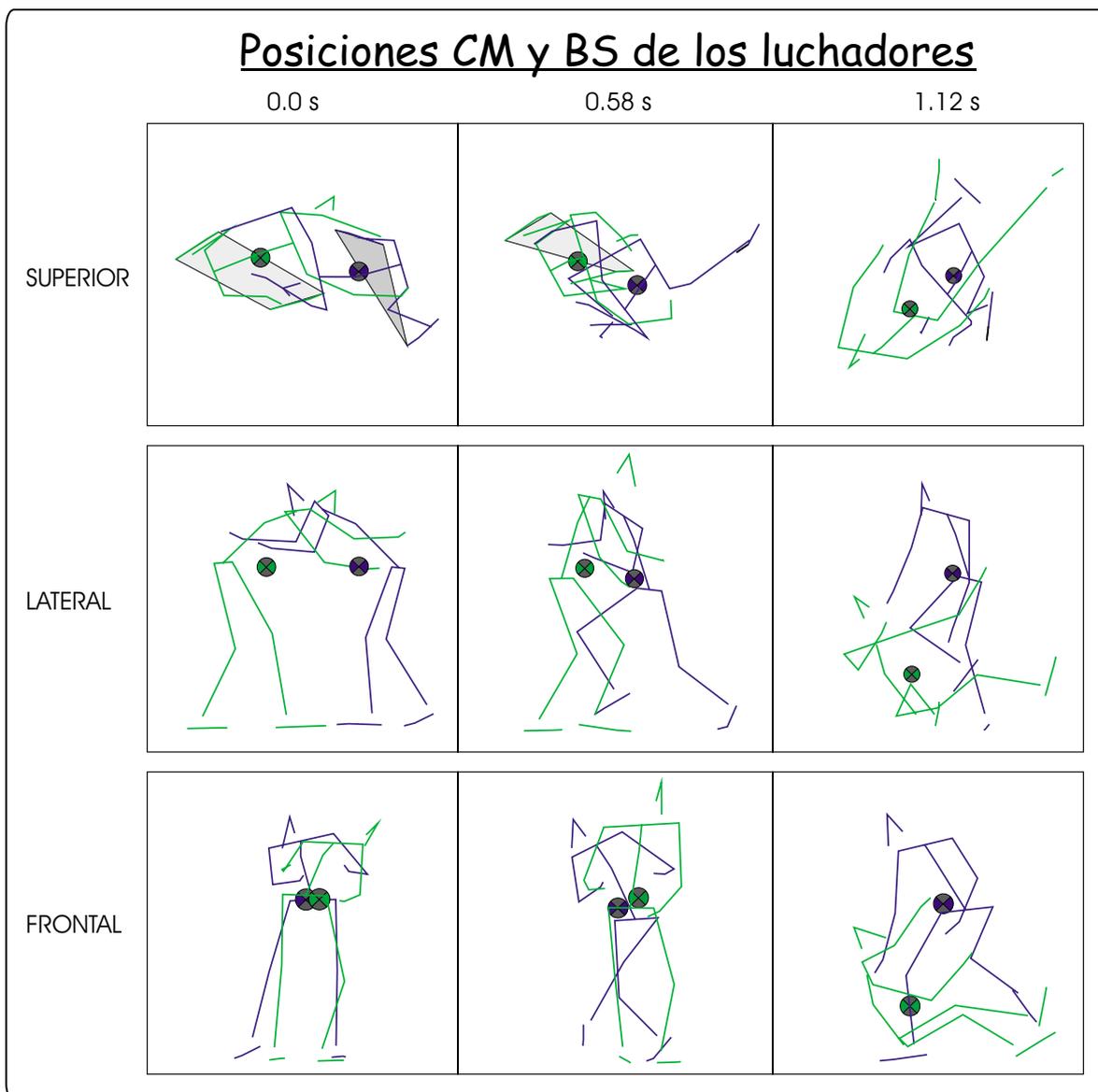
#### Discretas

	Inicio	Cambio Fase	Final
Instante temporal (s)	0.0	0.58	1.12
Área BSAt (dm <sup>2</sup> )	5.76	0.67	7.58
Área BSOp (dm <sup>2</sup> )	11.69	6.01	---
Área BS del Sistema (dm <sup>2</sup> )	35.73	15.02	---
Altura del CMAAt (m)	0.81	0.78	0.78
Altura del CMOp (m)	0.80	0.84	0.27
Distancia entre CMs (m)	0.46	0.28	0.57
Nº Aristas de Caída At	3	1	1
Nº Aristas de Caída Op	4	4	0
Ángulo Caída Menor At (°)	-0.5 (2)	-9.2 (3)	-13.4 (3)
Ángulo Caída Menor Op (°)	0.5 (2)	-0.2 (4)	---
Dirección CMAAt (°)	0	-34.4	-29.0
Dirección CMOp (°)	0	119.2	128.2

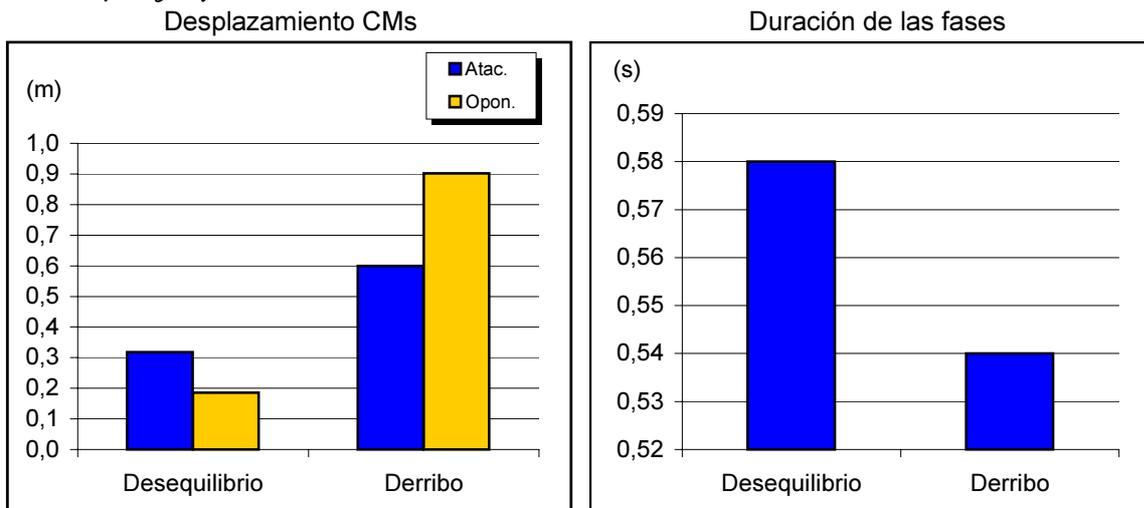
#### Continuas

	Desequilibrio	Derribo	TOTAL
Duración (s)	0.58	0.54	1.12
Desplazamiento del CMAAt (m)	0.32	0.60	0.92
Desplazamiento del CMOp (m)	0.19	0.90	1.09
Desplazamiento del Sistema (m)	0.22	0.69	0.92

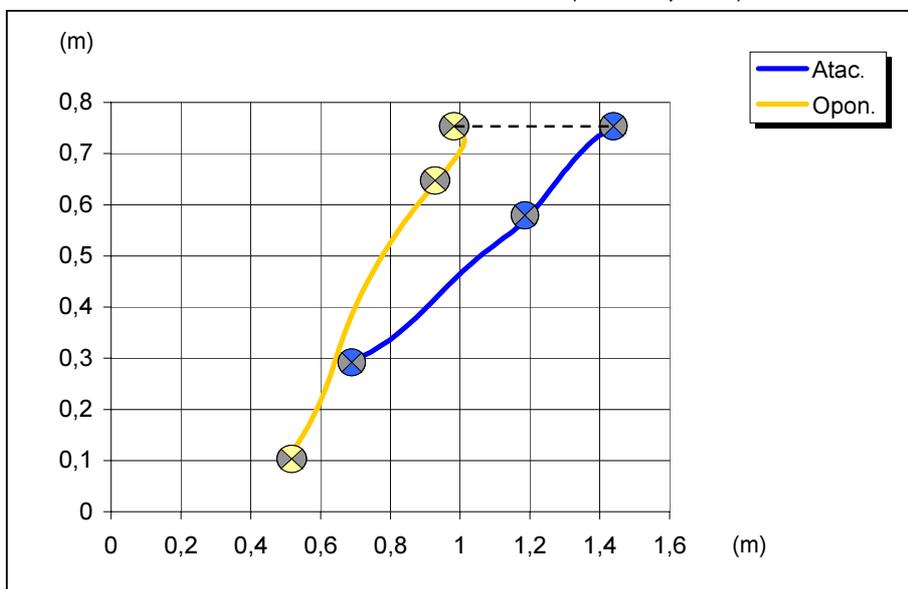
Zancho: cronogramas



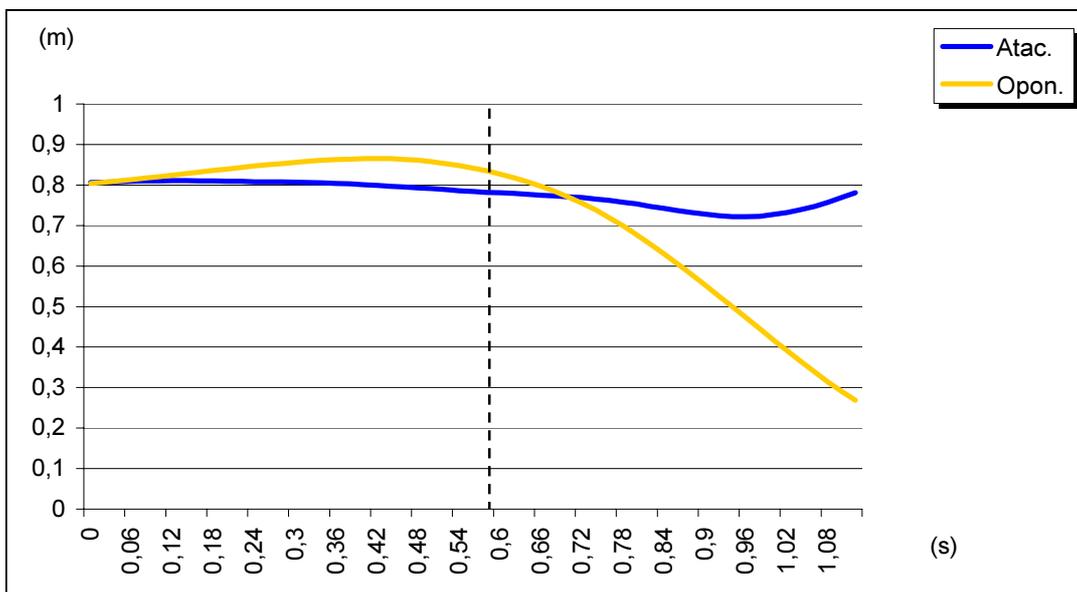
## Zanqueo: gráficas



Recorrido horizontal de los CMs (vista superior)



Recorrido vertical de los CMs



### 5.3.- COMPARACIÓN ENTRE MAÑAS

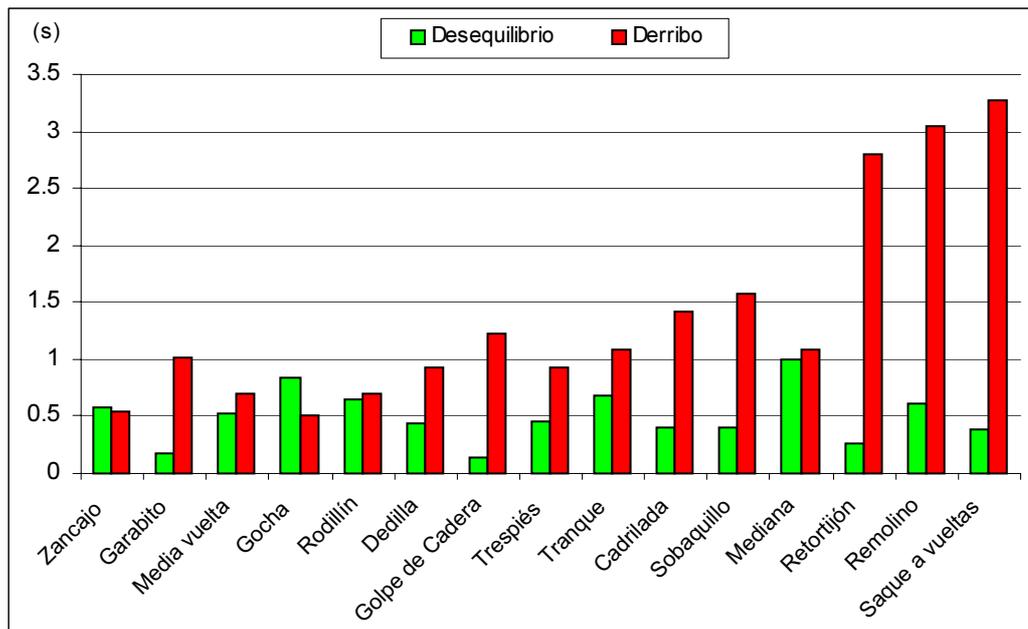
A continuación se incluye una serie de tablas y gráficas con resultados que permitirán comparar entre las distintas mañas.

En la Tabla 5.5 se presentan los datos de duración temporal de cada maña dividida en fase de desequilibrio y derribo. En primer lugar se aporta el dato en segundos y después en tanto por ciento respecto a la duración total de la maña.

	Desequilibrio (s)	Derribo (s)	Duración Total (s)	Desequilibrio (%)	Derribo (%)
Zancajo	0.58	0.54	1.12	51.8	48.2
Garabito	0.18	1.02	1.2	15.0	85.0
Media vuelta	0.52	0.7	1.22	42.6	57.4
Gocha	0.84	0.5	1.34	62.7	37.3
Rodillín	0.64	0.7	1.34	47.8	52.2
Dedilla	0.44	0.92	1.36	32.4	67.6
Golpe de Cadera	0.14	1.22	1.36	10.3	89.7
Trespiés	0.46	0.92	1.38	33.3	66.7
Tranque	0.68	1.08	1.76	38.6	61.4
Cadriada	0.4	1.42	1.82	22.0	78.0
Sobaquillo	0.4	1.58	1.98	20.2	79.8
Mediana	1	1.08	2.08	48.1	51.9
Retortijón	0.26	2.8	3.06	8.5	91.5
Remolino	0.62	3.04	3.66	16.9	83.1
Saque a vueltas	0.38	3.28	3.66	10.4	89.6

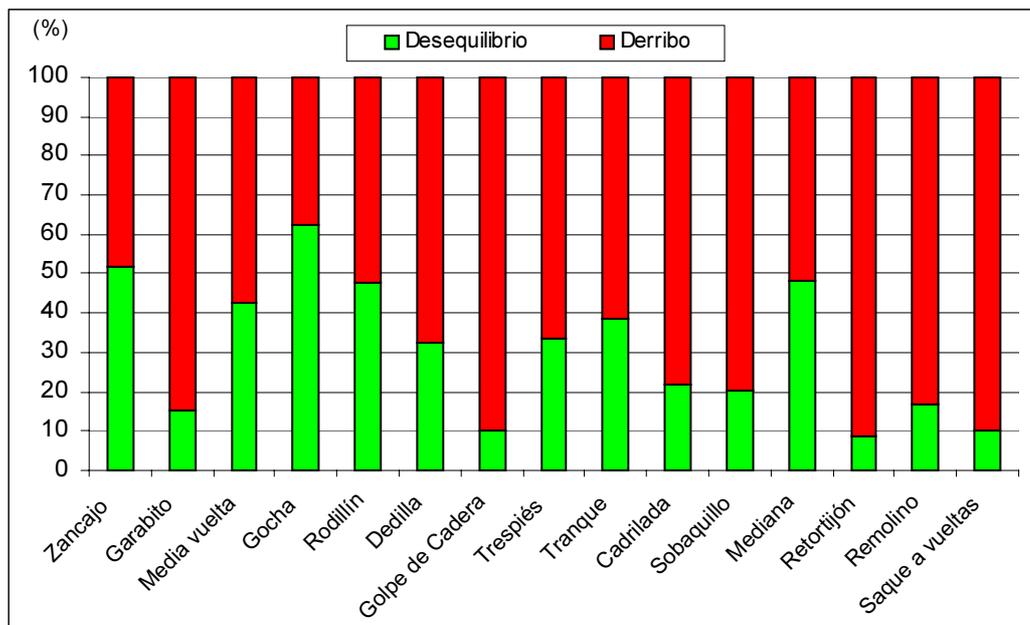
**Tabla 5.5-** Duración de las fases de cada maña en segundos y en porcentaje respecto a la duración total.

En la Figura 5.1 se presenta una gráfica con los valores de tiempo de todas las mañas diferenciando entre las dos fases. Las mañas están ordenadas de menor a mayor duración total.



**Figura 5.1-** Comparación entre la duración de las fases de desequilibrio y derribo expresadas en segundos. Las mañas están ordenadas de menor a mayor duración total.

En la Figura 5.2 se muestran conjuntamente los porcentajes de duración de las dos fases respecto a la duración total.



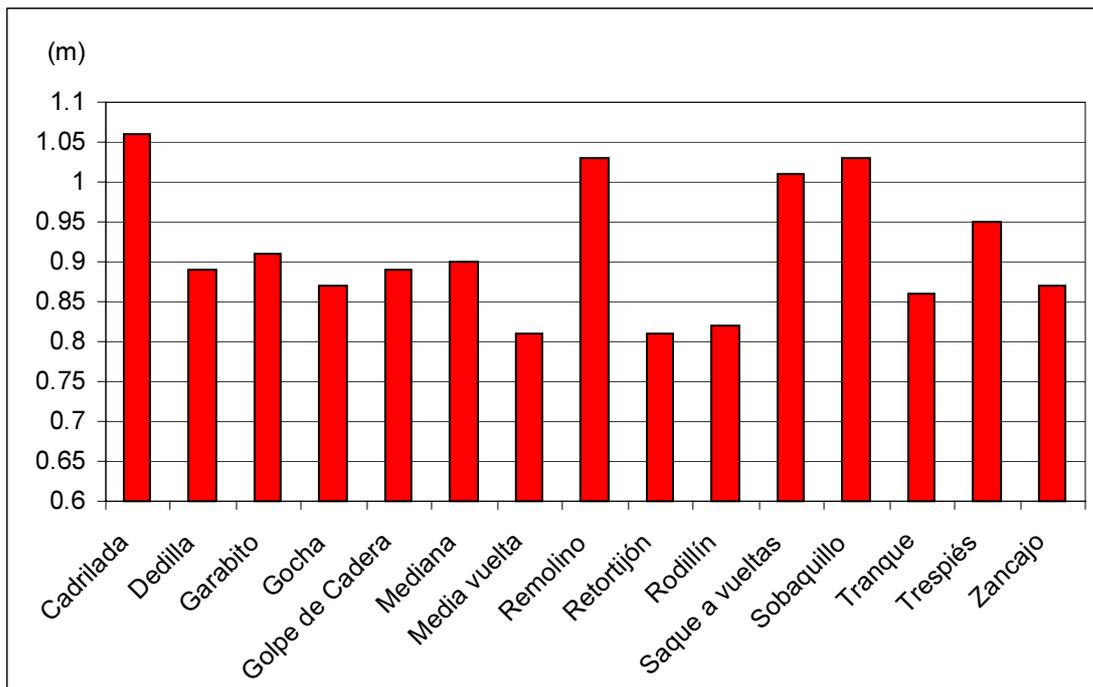
**Figura 5.2-** Comparación entre la duración de las fases de desequilibrio y derribo de cada maña expresada en porcentaje. Las mañas están ordenadas de menor a mayor duración total.

En la Tabla 5.6 se presentan los datos de la altura máxima que alcanza el CM del oponente durante el transcurso de cada maña, junto con el valor de la distancia entre los CMs de los luchadores en el momento del desequilibrio y el recorrido total que realiza el CMOp durante las técnicas.

	Maña	Altura CMOp (m)	Distancia entre CMs (m)	Recorrido total CMOp (m)
Elevación Alta	Cadrilada	1.06	0.51	1.82
	Remolino	1.03	0.32	3.71
	Sobaquillo	1.03	0.34	2.10
	Saque a vueltas	1.01	0.35	3.84
Elevación Media	Trespiés	0.95	0.32	0.95
	Garabito	0.91	0.47	1.20
	Mediana	0.90	0.24	1.29
Sin Elevación	Dedilla	0.89	0.30	1.07
	Golpe de Cadera	0.89	0.30	1.04
	Gocha	0.87	0.29	1.10
	Zancajo	0.87	0.28	1.09
	Tranque	0.86	0.19	1.78
	Rodillín	0.82	0.27	1.15
	Media vuelta	0.81	0.26	1.01
	Retortijón	0.81	0.41	2.35

**Tabla 5.6-** Clasificación de las mañas de la Lucha Leonesa en función de la altura máxima que alcanza el centro de masas del oponente. También se incluyen la distancia entre los centros de masas de los luchadores en el desequilibrio y la distancia total que recorre el centro de masas del oponente.

Finalmente, la Figura 5.3 corresponde al diagrama de barras de las alturas máximas que alcanza el CMOp en cada técnica.



**Figura 5.3-** Gráfica de las alturas máximas alcanzadas por el centro de masas del oponente durante la ejecución de cada maña.



DISCUSIÓN





En este apartado se analizan y discuten los resultados del estudio. Se divide en un apartado que trata los aspectos metodológicos y otro en el que se valoran los resultados de las mañas.

## **6.1.- SOBRE LA METODOLOGÍA**

En primer lugar se hace una valoración del programa *Equilvar* y posteriormente se analizan tres aspectos metodológicos que afectan al empleo de la fotogrametría en vídeo 3D en los deportes de lucha y a la validez de los datos del estudio de las mañas de la Lucha Leonesa en particular. Estos aspectos son la frecuencia de digitalización, la reproducibilidad de la digitalización y el nivel de extrapolación. Finalmente se hace una valoración de las planillas empleadas para presentar los resultados de las técnicas.

### *6.1.1.- Valoración del programa Equilvar*

Tras poner a prueba la aplicación informática *Equilvar*, desarrollada en esta tesis para el análisis de las condiciones de equilibrio de los deportes de lucha, se ha demostrado su **eficacia** tanto por su fácil manejo y rapidez para obtener datos relacionados con aspectos del equilibrio, como por su valiosa aportación visual al representar en tiempo real la localización del CM y la BS sobre las figuras alámbricas de los luchadores, siendo la primera aplicación informática que realiza este tipo de análisis.

En un futuro cabría mejorar la **funcionalidad** de la aplicación haciendo que detectara de forma automática los cambios de fase, en lugar de tener que hacerlo de forma manual como en la actualidad. En cuanto al aspecto gráfico, podría mejorarse la flexibilidad de la aplicación haciendo posible la colocación manual del punto de vista del observador en cualquier punto del espacio, ya que en la actualidad las tres vistas son fijas, y también permitiendo hacer zoom y desplazamientos de la pantalla del visor.

### 6.1.2.- Frecuencia de digitalización

Los resultados obtenidos al comparar la digitalización a 50 Hz y a 10 Hz ofrecen **pequeñas diferencias**, que en muchos casos incluso son nulas (Tabla 5.1).

Respecto a las variables de las áreas de la BS, en el atacante coinciden en los tres instantes estudiados, mientras que en el oponente y en el sistema se dan diferencias mínimas. Las diferencias están entre los  $0.18 \text{ dm}^2$  del área BS del sistema *atacante-oponente* en el cambio de fase y los  $1.68 \text{ dm}^2$  de la misma variable en el instante inicial, mientras que los valores reales van de  $10.66$  a  $22.91 \text{ dm}^2$ . En el instante final no hay diferencias.

En cuanto a los datos de longitudes lineales, en la altura de los CMs únicamente aparecen diferencias en el instante final (en el atacante de  $0.02 \text{ m}$  y en el oponente de  $0.03 \text{ m}$ ). La distancia entre CMs presenta en el instante inicial una diferencia de  $0.01$  y  $0 \text{ m}$  en el cambio de fase. En el instante final es de  $0.09 \text{ m}$ , que es algo superior aunque sigue sin ser importante. Continuando con las variables de longitudes lineales, las que son continuas revelan diferencias entre  $0$  y  $0.04 \text{ m}$ . En ninguna de las dos fases estas diferencias suponen un valor considerable y menos en la fase del derribo, ya que los valores son mayores al irse incrementando con el tiempo, mientras que las diferencias apenas aumentan. Esto supone una mayor diferencia en la fase inicial del desequilibrio que en la del derribo, ya que el valor total de las variables es considerablemente menor.

Por último, en las variables angulares también se dan diferencias pequeñas. Por ejemplo, en el ángulo de caída menor del oponente en el instante del cambio de fase, a  $10 \text{ Hz}$  se obtienen  $0.1^\circ$ , mientras que a  $50 \text{ Hz}$  son  $0.5^\circ$ . Una interpretación superficial reflejaría que a  $50 \text{ Hz}$  se obtiene un valor cinco veces mayor que a  $10 \text{ Hz}$ , sin embargo resulta evidente que una diferencia de menos de medio grado no es importante en este caso. El resto de las diferencias en ángulos de caída son de rango similar, muchas veces con valores mayores, con lo cual quedan más amortiguadas las diferencias relativas.

En las direcciones de desplazamiento de los CMs, las diferencias son en algunos casos elevadas. Sin embargo, debido a que las direcciones de caída se encuadran en grupos de 45°, en ninguna de las fases la diferencia hace que la dirección a 50 Hz se incluya en otro grupo distinto. Las direcciones de CMA<sub>t</sub> en el instante de *cambio de fase* a 10 y 50 Hz son -99.8° y -108.7°, que están en el grupo de entre -90° y -135°; en el *instante final* son de -101.3° y -106.8°, que se incluyen en el mismo grupo. En el caso del CMOp, en el instante de *cambio de fase* se obtiene -22.4° y -9°, es decir, dentro del grupo de entre -45° y 45°; y en el *instante final* los resultados son de -7.2° y -5.9°, que se encuentran en el mismo grupo.

Las pequeñas diferencias obtenidas justifican el empleo de la frecuencia de digitalización de 10 Hz en lugar de otra superior para el estudio fotogramétrico de los deportes de lucha, dada la gran cantidad de tiempo que se ahorra de esta forma en el proceso de digitalización.

### 6.1.3.- *Reproducibilidad de la digitalización*

La persona que realiza la digitalización puede introducir cierto error al marcar los puntos que quedan ocultos. Este error es minimizado con una apropiada preparación y entrenamiento del digitalizador, así como con el conocimiento detallado de la técnica deportiva que se analiza, de modo que se mejora la destreza hasta conseguir una elevada precisión.

En los estudios de fotogrametría, es conveniente conocer el error que se comete en el marcaje de los puntos, puesto que es uno de los factores que determinan la calidad de los resultados. Si bien no es posible conocer el error real, puesto que no se dispone de un **patrón de referencia** con el que comparar, sí es posible obtener una aproximación conociendo el grado de disparidad del criterio que emplea el digitalizador al marcar cada punto. Al repetir la digitalización completa de una misma secuencia de movimiento varias veces, en los puntos más visibles las diferencias serán mínimas, mientras que en los puntos ocultos existirá mayor dispersión.

Según sean las características del movimiento analizado, se generan más o menos puntos ocultos, lo cual repercute directamente en la dificultad del proceso. En los deportes de lucha se dan numerosos puntos ocultos debido a que no es un solo deportista el que entra en juego sino dos, con lo que aumenta el número de puntos totales. Al mismo tiempo sucede que la mayoría de las técnicas de lucha se desarrollan con movimientos circulares y no lineales. Es por ello que es difícil determinar una **localización óptima** de las cámaras, lo que no sucede en análisis fotogramétricos de movimientos rectilíneos, como el lanzamiento de peso en técnica lineal (Aguado y cols, 1997a, 2000; Grande, 1998; Grande y cols., 1999a, 1999b, 2000) y de jabalina (Navarro y cols, 1995).

Como ya se comentó en apartados anteriores, en este estudio se repitió cinco veces la digitalización de la misma maña (*garabito*) con el fin de conocer el posible error cometido en las variables de equilibrio analizadas (la BS y el CM) en las técnicas de lucha. En cuanto a la BS (ver Tabla 5.2), las SD<sub>máx</sub> de los puntos implicados en el cálculo de su área se encuentran por debajo de los 0.035 m y ninguno presenta diferencias significativas según el análisis de la varianza. Por otra parte, para conocer la exactitud de la ubicación de los CMs, debido a que el cálculo de su posición se realiza a partir de la localización de los puntos en cada luchador, se calcularon las SD<sub>máx</sub> y ANOVAs del total de los puntos (Tabla 5.3). El punto con mayor dispersión corresponde al codo izquierdo del oponente (SD<sub>máx</sub> 0.042 m), aunque la media de todos los puntos fue de 0.02 m. Estos datos **confirman** la validez del proceso de digitalización para los deportes de lucha. En cualquier caso, en la metodología que se propone no se realizan cálculos cinemáticos de velocidades, sino que todos los datos son calculados directamente a partir de coordenadas espaciales, con lo cual no se corre el riesgo de acumular error por derivar en el tiempo. Estos resultados hacen pensar que la fotogrametría en vídeo 3D es perfectamente válida para el estudio de técnicas de lucha.

#### *6.1.4.- Nivel de extrapolación*

Los deportes de lucha implican desplazamientos relativamente cortos. Todos ellos se desarrollan en un espacio relativamente grande, delimitado por el reglamento (Verduras,

1999). Esto facilita el análisis fotogramétrico en este tipo de deportes, ya que permite orientar las cámaras a un espacio concreto en el que se desarrollarán las técnicas. En el caso de la Lucha Leonesa, el espacio reglamentario en los corros de categoría senior es un círculo de 18 m de diámetro (Reglamento Deportivo y Régimen Disciplinario de la Federación Territorial de Castilla y León de Lucha, 1998). Abarcar con los planos de grabación de las cámaras los 18 m de diámetro del círculo supondría disminuir la sensibilidad del método al discernir los puntos del modelo. Pero se podría realizar un estudio estadístico de las principales zonas del círculo en las que se resuelven las mañas. En el peor de los casos, se podría recurrir a tres o cuatro pares de cámaras sincronizadas enfocando planos de las diferentes partes del círculo

En el presente estudio, dado que se trata de la primera experiencia de estudios fotogramétricos en deportes de lucha, no entró dentro de los objetivos el análisis en situación real de competición, así que se decidió grabar la ejecución de las mañas en condiciones controladas de laboratorio. Se deja una puerta abierta al análisis fotogramétrico en **situación real de competición**.

El nivel de extrapolación medio para todas las mañas resultó ser de 3.61%, un valor muy pequeño, teniendo en cuenta que el espacio control empleado tenía unas dimensiones de 2 m de lado. Incluso en las mañas en las que se voltea al oponente (*remolino* y *saque a vueltas*), en las que cabría esperar multitud de puntos externos, no se dieron valores elevados (4.66% y 2.52% respectivamente).

### 6.1.5.- *Planilla de resultados*

En la planilla de resultados compuesta por tres hojas se reflejan los aspectos más importantes de la ejecución de cada técnica. La primera hoja de *variables descriptivas* permite conocer numéricamente las variables consideradas más importantes para este estudio, mientras que las otras dos (de cronogramas y de gráficas) aportan información gráfica valiosa para interpretar esos valores numéricos. En conjunto, las tres hojas facilitan

una **rápida comprensión** de las características de cada técnica, a la vez que permiten la comparación entre ellas de un vistazo.

En el caso de realizar análisis aplicados al entrenamiento de luchadores de alto nivel, sería conveniente reducir el número de variables a las que el entrenador considerara como más representativas, con el fin de aumentar la eficacia del estudio y poder ofrecer resultados más rápidos.

## **6.2.- SOBRE EL ANÁLISIS DE LAS MAÑAS**

A continuación se desarrolla la interpretación de los resultados en el estudio de las mañas. Conviene aclarar que, como sucede con el análisis de otras técnicas deportivas, existirán modelos técnicos individuales y un modelo técnico óptimo en cada maña. En la Lucha Leonesa, deporte que aún arrastra mucho de tradicional y poco de análisis y entrenamiento científico y en el que la enseñanza de la técnica en centros de tecnificación no se ha producido hasta hace poco, frecuentan luchadores que presentan técnicas individuales marcadamente diferentes y alejadas del modelo técnico óptimo. Sería interesante analizar en el futuro, con las mismas herramientas desarrolladas en este trabajo, los modelos técnicos individuales de los mejores luchadores en situación real de competición.

En cuanto a las variables analizadas, inicialmente se consideró que el estudio de los luchadores como un único sistema *atacante-oponente* podría aportar información relevante; sin embargo no ocurre así. Las variables analizadas del sistema conjunto no aportan ninguna novedad que se pueda considerar interesante en el análisis de las técnicas de lucha. Esto implica que, a pesar de encontrarse estrechamente unidos, los luchadores actúan independientemente el uno del otro, buscando mantener su propio equilibrio sin el apoyo del oponente, ya que si así lo hiciesen le estarían ofreciendo una situación ventajosa para ser desequilibrados.

### *6.2.1.- Desplazamiento del oponente*

Con el fin de obtener una estimación de la energía necesaria para realizar cada maña, se analizan conjuntamente la altura máxima del CMOp, el desplazamiento total y la distancia entre los CMs en el instante del desequilibrio.

La altura máxima que alcanza el CMOp permite distinguir entre las mañas que se ejecutan tirando del oponente hacia arriba y las otras. Esta variable está condicionada por

las medidas antropométricas del atacante, lo cual dificulta la comparación con otros luchadores, pero no impide comparar un mismo luchador en diferentes ejecuciones y mañas. En este caso el atacante tiene una estatura de 1.65 m y las alturas alcanzadas se encuentran entre 0.81 y 1.06 m.

Se han establecido tres categorías marcando las divisiones a 0.9 m y a 1 m (Tabla 5.6). Hay cuatro mañas de *elevación alta* (por encima de 1 m): la *cadrilada*, el *remolino*, el *saque a vueltas* y el *sobaquillo*. En todas ellas se produce una gran intervención de los MSs, sin embargo, es en la *cadrilada* en la que mayor altura se alcanza (1.06 m) gracias a la intervención del MI del atacante que impulsa al oponente hacia arriba a la vez que le da la vuelta. En estas mañas el **esfuerzo físico** que se realiza es mayor que en otras debido a que el atacante carga con el oponente y lo manipula en el aire.

Por debajo de estas mañas (entre 0.9 m y 1 m) están otras tres: el *garabito*, la *mediana* y el *trespiés*. Todas ellas tienen la característica común de que el atacante tira hacia arriba del oponente para descargarle peso y poder retirarle el apoyo de un pie y derribarlo.

El resto de mañas se realizan a alturas inferiores a 0.9 m. En estas mañas se busca el desequilibrio sin intención de levantar, bien sea tirando o empujando en horizontal o hacia abajo. Se requiere una menor intervención de los MSs como segmentos movilizados, aunque sí como bloqueadores de la acción del oponente.

En cuanto al desplazamiento del CMOp, existe una clara relación entre éste y la altura máxima del CMOp. Las cuatro mañas de *elevación alta* se encuentran distanciadas del resto en este aspecto, salvando la excepción del *retortijón*, que es la maña con menor altura máxima del CMOp y sin embargo su desplazamiento se equipara al conseguido en las de elevación alta (2.35 m). En estas cuatro mañas el esfuerzo del atacante es considerable, teniendo en cuenta que no sólo se desplaza al oponente, sino que se hace hacia arriba, llegando a soportar la totalidad de su peso.

En el *trespiés*, a pesar de ser una maña de *elevación media* (0.95 m), es en la que el desplazamiento del CMOp es menor (0.95 m). Esto es debido a que atacante prácticamente

no desplaza al oponente; simplemente lo levanta para liberar peso de sus pies, se los barre y lo deja caer en vertical, con lo cual, a pesar de tener que tirar hacia arriba del oponente, después no realiza ningún esfuerzo suplementario para derribarle. Todo esto unido a que es una maña de *duración corta* (como se explicará más adelante) indica que es **muy eficaz**. Por el contrario, en el *tranque*, que es de *duración media* (1.76 s) y *sin elevación* (0.86 m), el desplazamiento del CMOp es mayor de lo que cabría esperar (1.78 m). Lo que sucede es que en esta maña no se derriba simplemente por el efecto del desequilibrio, sino que el atacante tiene que empujar con todo el cuerpo durante toda la fase del derribo con el objeto de hacer efectivo el bloqueo que hace el MI, asemejando una palanca.

Respecto a la acción de los MSs, un análisis conjunto de la altura máxima del CMOp y la distancia entre los CMs de los luchadores en el momento del desequilibrio aporta datos de interés. En general se observa que en las mañas con mayor elevación del CMOp se requiere un menor acercamiento entre los luchadores para desequilibrar. La *cadrihada*, maña en la que se consigue la mayor altura del CMOp (1.06 m), es también la que presenta mayor distancia entre los CMs en el instante del desequilibrio (0.51 m). En las otras tres mañas del grupo de *elevación alta*, que son el *remolino*, el *sobaquillo* y el *saque a vueltas*, también se produce el desequilibrio con distancias entre los CMs superiores que en otras mañas (por encima de 0.32 m).

Mientras que en las mañas de *elevación alta* el atacante tira del oponente rápidamente hacia sí, buscando crearle una inercia que le ayude a levantarlo e iniciar las vueltas propias de la maña, en las mañas *sin elevación*, el atacante se aproxima más al oponente buscando el contacto con el tronco para ayudarse en el desequilibrio. Existen dos excepciones importantes: la primera es el *retortijón*, que a pesar de ser una maña *sin elevación* y que implica un intenso contacto entre los luchadores, en el momento del desequilibrio sus CMs se mantienen a una gran distancia (0.41 m). Esta es una de las contradicciones de esta maña, que se muestra **poco eficaz**, como se comentará más adelante. La segunda excepción es la *mediana*, una maña de *elevación media* en la que cabría esperar una separación entre CMs elevada. No sucede así sino que es la segunda maña con menor distancia (0.24 m). Esto se explica por el hecho de que el atacante tiene que aproximarse para enroscar su pierna y pie en los del oponente.

Esta clasificación basada en la altura máxima del CMOp coincide en gran medida con la expuesta por García (1979), que divide en mañas de *tierra* y de *aire*. Dentro de las mañas de *aire* incluye todas las mañas de *elevación alta y media* excepto el *garabito*, probablemente porque se refiere a alguna variante que se ejecuta de forma distinta a la que aquí se analiza.

### 6.2.2.- Duración de las fases

Respecto a la duración de las fases, se han clasificado las mañas en tres categorías: de *duración corta* (menos de 1.5 s), de *duración media* (entre 1.5 y 3 s) y de *duración larga* (más de 3 s). En este sentido, existen ocho mañas de *duración corta* (con menos de 1.5 s), cuatro de *duración media* (entre 1.5 y 3 s) y tres de *duración larga* (más de 3 s) (Tabla 6.1).

Duración Corta < 1.5 s	Duración Media > 1.5 s, < 3 s	Duración Larga > 3 s
Zancajo	Tranque	Retortijón
Garabito	Cadrilada	Remolino
Media vuelta	Sobaquillo	Saque a Vueltas
Gocha	Mediana	
Rodillín		
Dedilla		
Golpe de Cadera		
Trespies		

**Tabla 6.1-** Clasificación de las mañas de la Lucha Leonesa en función de la duración total.

Dentro de las mañas de *duración corta*, destaca el *golpe de cadera* por tener el menor tiempo de desequilibrio (0.14 s). A pesar de ello, también es la que más tarda en terminar el derribo (1.22 s). Esto es debido a que el atacante carga con el oponente en la espalda después de haberle desequilibrado, y la acción de llevarlo hasta el suelo, aun teniéndolo controlado, le supone un 89.7% de la duración de la maña. De las mismas

características es el *garabito*, cuya fase de desequilibrio dura 0.18 s (15%) mientras que el derribo comprende 1.02 s (85%).

Sin embargo, el *zancajo*, la *media vuelta* y el *rodillín* son mañas en las que existe **igualdad** en la duración de la fase de desequilibrio y de derribo (51.8-48.2%; 42.6-57.4% y 47.8-52.2% respectivamente). Principalmente se debe a que la fase de derribo en estas tres mañas es muy pequeña. En cualquier caso, la fase de derribo más pequeña corresponde a la *gocha*, cuya fase de desequilibrio llega a superar ampliamente a la del derribo (62.7% y 37.3% respectivamente). La diferencia se debe a que en la *gocha*, el desequilibrio se realiza hacia atrás (dirección de desequilibrio 102.4°), mientras que en la *posición inicial*, el CM del oponente se encuentra desplazado hacia adelante. Esto hace que se **prolongue** el tiempo necesario para que el CM salga de la BS, y cuando sale, ya está cercano el derribo. Esto mismo ocurre con el *zancajo*, cuya dirección de desequilibrio es de 119.2° (se desequilibra hacia atrás) y también presenta un mayor tiempo de desequilibrio (0.58 s o el 51.8%) que de derribo (0.54 s o el 48.2%). Teniendo en cuenta que en estas mañas (*zancajo*, *media vuelta*, *rodillín* y *gocha*) la fase de desequilibrio también dura poco en términos absolutos, se deduce que son técnicas **altamente eficaces** en cuanto a la duración.

Dentro de las mañas de *duración media*, la *cadrihada* y el *sobaquillo* presentan tiempos muy parecidos y en ambas la duración del desequilibrio es muy inferior a la del derribo (22.0-78.0% y 20.2-79.8% respectivamente). Sin embargo, las otras dos mañas pertenecientes a esta categoría, el *tranque* y la *mediana* mantienen proporciones más equilibradas al tener un porcentaje del tiempo de desequilibrio mayor (38.6-61.4% y 48.1-51.9%).

Entre las mañas de duración larga, el *retortijón* es la que menor tiempo de desequilibrio necesita (0.26 s). Supone un 8.5% de la duración total de la maña, con lo cual es necesario el 91.5% restante (2.8 s) para hacer efectivo el desequilibrio y derribar al oponente. Este es otro indicador que hace suponer que el *retortijón* es una maña **poco eficaz**, y así sucede en realidad ya que es considerada una maña poco técnica que basa su efectividad en la fuerza bruta (López y Flórez, 1995; López, 1999). Las otras dos mañas de larga duración, el *remolino* y el *saque a vueltas*, son muy similares entre sí, ya que se

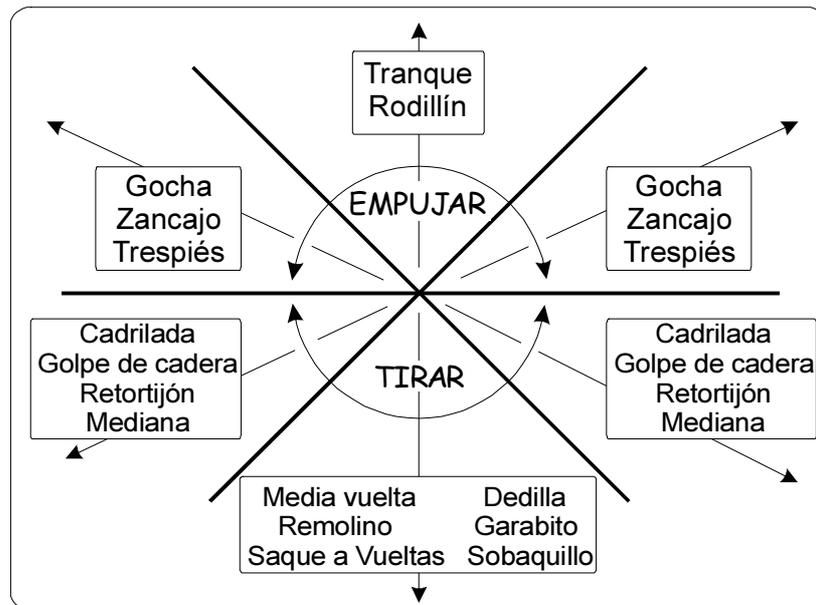
ejecutan de igual forma (dando vueltas en el aire al oponente) excepto en la finalización. Realmente, la duración de la fase de derribo no es constante porque depende del número de vueltas que considere necesarias el atacante para conseguir el derribo.

Las cuatro mañas de *elevación alta* (*cadrihada, sobaquillo remolino y saque a vueltas*) presentan la fase de desequilibrio sensiblemente menor que la de derribo, de tal forma que el porcentaje del desequilibrio se encuentra por debajo del 22%. Esto implica que estas mañas **requieren más tiempo** del habitual para conseguir el derribo. En cualquier caso, la *cadrihada* requiere menor tiempo total, lo que puede justificar que sea una de las mañas más empleadas en la categoría ligeros y medios (Mansilla y cols., 1997). Uniendo el criterio de la duración al de la altura de elevación, se concluye que éstas son mañas muy costosas. Dado que existen otras mañas más eficaces, debería reservarse su ejecución únicamente para los momentos iniciales del combate, en los que el **cansancio físico** es menor porque *todavía no se ha producido la acumulación de ácido láctico* (Villa y cols., 1997) ni *se han modificado los valores hormonales* (López y cols., 1997b), o también para situaciones en las que la **táctica** de combate lo justificase.

### 6.2.3.- Dirección de desequilibrio

Gracias al estudio fotogramétrico tridimensional se conoce en todo momento la situación del CM del oponente. Esto permite no sólo establecer el momento en que sale de la BS, sino que también permite realizar un seguimiento de su desplazamiento a lo largo de la técnica y de este modo calcular el ángulo de la dirección que toma el CM del oponente. Esta dirección calculada en la fase de desequilibrio es un reflejo fiel de la acción que realiza el atacante para desequilibrar y resulta práctica para clasificar las técnicas. Consideramos más interesante la clasificación a partir de la dirección de desequilibrio que la del derribo, ya que el desequilibrio está **directamente relacionado** con la acción inicial del atacante y es muy reproducible, mientras que el derribo está condicionado por factores como la reacción del oponente durante la caída o, en el caso de las mañas con volteos, el número de vueltas que el atacante realice.

Así, proponemos agrupar las mañas en función de la dirección del CM del oponente en la fase del desequilibrio, adoptando el criterio de medición de ángulos explicado en la metodología. En la Figura 6.1 se presenta la distribución de las mañas en función de la dirección del desequilibrio.



**Figura 6.1-** Clasificación y distribución de las mañas de la Lucha Leonesa en función del ángulo de la dirección de desequilibrio del centro de masas del oponente.

El esquema que resulta en este estudio, concuerda en gran medida con el propuesto por López y Flórez (1995) (Figura 2.20). Sin embargo, estos autores parten de considerar las direcciones de caída y no las de desequilibrio, con lo cual hay una serie de mañas que no concuerdan: la *dedilla* y el *garabito*, que nuestro estudio ha demostrado que son de *tirar* ( $-16.2^\circ$  y  $-22.4^\circ$  respectivamente) y no de empujar atrás; el *golpe de cadera* que es de *tirar hacia un lado* ( $-61.1^\circ$ ) y no de tirar hacia adelante y el *zancajo* que es de *empujar hacia un lado* ( $119.2^\circ$ ) y no de empujar atrás.

Por otra parte, se observa que tres de las cuatro mañas de *elevación alta* (*remolino*, *saque a vueltas* y *sobaquillo*) se encuentran en el grupo de las de *tirar*, con ángulos muy cercanos a los  $0^\circ$  ( $5^\circ$ ,  $12.1^\circ$  y  $-7.7^\circ$  respectivamente). Estas tres mañas tienen en común un

alto requerimiento de fuerza de los MSs, una fuerza que empieza a manifestarse desde el comienzo de la maña, ya que el desequilibrio se produce enseguida y la tracción se realiza casi en línea recta hacia la posición inicial del atacante, mientras éste se aparta hacia la izquierda, como demuestran las direcciones del CMA<sub>t</sub> de  $-45.7^\circ$ ,  $-54.8^\circ$  y  $-48.7^\circ$  (*remolino*, *saque a vueltas* y *sobaquillo* respectivamente). Esto le permite imprimir un impulso al oponente que le ayuda a levantarlo y comenzar los giros en el aire. La *cadriada* sin embargo, aunque también es de *tirar*, presenta características distintas, ya que se incluye en el subgrupo de *tirar hacia un lado*, con  $-74.6^\circ$  del CMOp, siendo el atacante el que se desplaza hacia adelante ( $9.6^\circ$ ).

#### 6.2.4.- Estabilidad

Tal y como se comentó en apartados anteriores, el área de la BS, la altura del CM y el ángulo de caída menor están directamente relacionados con la estabilidad del luchador.

Existe un número de mañas en las que la fase de desequilibrio comienza con el atacante apoyado sobre los dos pies formando cuatro aristas de caída. En estas mañas el atacante se desequilibra hacia adelante antes de levantar un pie para aproximarse al oponente, lo cual coincide con lo comentado anteriormente sobre las mañas de *elevación alta*, en las que la acción inicial de los MSs provoca el acercamiento del oponente. De las cuatro mañas que forman ese grupo, únicamente en el *sobaquillo* el desequilibrio comienza con el atacante apoyado en un solo pie, mientras que las otras tres lo hacen con los dos pies apoyados en el suelo. El *remolino* es la maña que mayor BS tiene en el instante inicial ( $14.2 \text{ dm}^2$ ), lo cual da idea de mayor estabilidad desde el comienzo de la técnica.

Realmente, el momento más crítico se produce en el instante de cambio de fase, que es cuando el atacante saca la proyección del CM del oponente de su BS. En ese instante el atacante debería mantenerse en condiciones de máxima estabilidad, ya que de no ser así el oponente podría contraatacar aprovechando la situación ventajosa de desequilibrio que ofrece el atacante.

En este sentido, el *remolino* sigue siendo la maña con mayor BS ( $17.04 \text{ dm}^2$ ) con las cuatro aristas de caída. Si bien es cierto que el CM se encuentra fuera de la BS (ángulo de caída menor  $-0.4^\circ$ ), está prácticamente dentro; además la altura del CMA<sub>t</sub> es tan sólo de 0.77 m, que combinado con el gran tamaño de la BS le confiere margen de maniobra sin perder el equilibrio. También el *sobaquillo*, en el que comenzaba el ataque con una sola arista de caída, en el instante de cambio de fase recupera las cuatro aristas con un área de  $14.82 \text{ dm}^2$  y en condiciones similares a las del *remolino*, con un ángulo de caída menor de  $1.8^\circ$  y el CMA<sub>t</sub> a 0.77 m.

Otra maña que consigue buenos valores de estabilidad es la *gocha*. En el cambio de fase el área de BS<sub>At</sub> es de  $12.79 \text{ dm}^2$ , que es un valor considerable y además el ángulo de caída menor es de  $1.6^\circ$  (está dentro de la BS) manteniendo la altura del CMA<sub>t</sub> en 0.77 m. Además el oponente queda en clara desventaja, pues su BS es de  $8.7 \text{ dm}^2$ , con tres aristas de caída y con su CM fuera de la BS (ángulo de caída menor de  $-0.5^\circ$ ; comenzando a desequilibrarse).

Así, la *gocha* y el *sobaquillo* son las únicas mañas en las que el atacante realiza el desequilibrio con su CM dentro de la BS; el resto lo hacen con valores negativos del ángulo de caída menor, aun manteniendo las cuatro aristas de caída.

La peor situación en cuanto a la estabilidad, se da en las mañas en las que el desequilibrio se realiza con un solo apoyo y un ángulo de caída negativo considerable. Existen cuatro mañas de estas características: la *dedilla*, el *garabito*, la *mediana* y el *zancajo*. De todas ellas, el *garabito* es la que peores condiciones de estabilidad presenta. El atacante se apoya en su pie derecho, con la proyección de su CM alejada de la BS (con un ángulo de caída de  $-16.9^\circ$ ) mientras el oponente está apoyado con cuatro aristas de caída y una BS de  $10.87 \text{ dm}^2$ . Las otras tres mañas presentan parecida situación aunque de forma menos crítica, es decir, el ángulo de caída es mayor y la BS del oponente es menor. Estas mañas son de alto riesgo para el atacante (López y cols., 2000a, 2000b), ya que la situación vulnerable en la que se encuentra durante el desequilibrio puede ser aprovechada por el oponente para contraatacar y desequilibrarle.

Finalmente, a modo de resumen se presenta la Tabla 6.2 en la que se puede ver una valoración de cada maña en los distintos apartados de los comentarios que han sido expuestos.

	<b>Eficacia Temporal</b>	<b>Eficacia Desplazamiento</b>	<b>Relación Desequilibrio/Derribo</b>	<b>Eficacia Elevación</b>	<b>Estabilidad</b>
Cadrilada	👎	👎👎	👎	👎👎	👍
Dedilla	👍	👍	👎	👍	👎
Garabito	👍👍	👎	👎	👎	👎👎
Gocha	👍	👍	👍👍	👍	👍👍
Golpe de Cadera	👍	👍	👎	👍	👍
Mediana	👎	👎	👍	👎	👎
Media vuelta	👍👍	👍	👍	👍	👍
Remolino	👎👎	👎👎	👎👎	👎👎	👍
Retortijón	👎👎	👎👎	👎👎	👍	👍
Rodillín	👍	👍	👍	👍	👍
Saque a vueltas	👎👎	👎👎	👎👎	👎👎	👍
Sobaquillo	👎	👎👎	👎	👎👎	👍👍
Tranque	👎	👎	👍	👍	👍
Trespiés	👍	👍👍	👍	👎	👍
Zancajo	👍👍	👍	👍👍	👍	👎

**Tabla 6.2-** Tabla resumen de la valoración de cada maña en cada categoría considerando los resultados obtenidos en el análisis mecánico. Se han establecido 4 categorías; cada maña es comparada con el resto y se incluye en una de las categorías siguientes: 👍👍- Destaca positivamente; 👍- Es eficaz; 👎- No es eficaz; 👎👎- Destaca negativamente.

Las valoraciones positivas se hacen siempre teniendo en cuenta el criterio de la economía de esfuerzo desde el punto de vista del atacante. Así pues, en la columna de la

eficacia temporal se valora positivamente la menor duración total; en la eficacia de desplazamiento se valora que el atacante no necesite desplazar excesivamente al oponente; en la relación desequilibrio/derribo se valora positivamente que la duración de la fase de derribo sea lo menor posible respecto a la de desequilibrio; en la eficacia de elevación, se valora positivamente que el atacante no tenga que realizar el esfuerzo de levantar al oponente; por último, en la estabilidad se ha valorado el estado de equilibrio del atacante durante la fase de desequilibrio, en función de la relación entre su BS y su CM.

Quizá la categoría que más valor tenga sea la de la estabilidad, ya que está condicionada exclusivamente por las características propias de la maña, mientras que las otras pueden ser compensadas con una buena preparación física del atacante.





**CONCLUSIONES**





Las conclusiones se presentan agrupadas con relación a los objetivos planteados. Posteriormente se exponen las futuras líneas de investigación.

## 7.1.- CONCLUSIONES AGRUPADAS POR OBJETIVOS

- Respecto al **primer objetivo**: *desarrollar una metodología para estudiar la biomecánica de los deportes de lucha basada en la fotogrametría en vídeo 3D.*

Los estudios realizados apuntan hacia la idoneidad de la utilización de la fotogrametría en vídeo 3D en los deportes de lucha como forma de obtener la posición del CM por el método segmentario, así como la BS y la relación entre ambos. Este trabajo ha de desembocar finalmente en la aplicación de la metodología desarrollada al estudio de situaciones reales de competición, en las que será más importante la obtención de resultados correctos y útiles para los entrenadores, que conseguir una muy elevada precisión a costa de emplear metodologías que interfieran en los luchadores. Así, se puede afirmar respecto a la metodología desarrollada que:

- 1- El programa informático *Equilvar* **ha funcionado eficazmente** como herramienta en el análisis del equilibrio así como para visualizar la evolución del CM y BS de ambos luchadores.
- 2- La metodología no interfiere en los luchadores, con lo cual es aplicable a la **situación real de competición.**
- 3- Permite **describir, clasificar y evaluar** las técnicas de los deportes de lucha cuya finalidad principal sea conseguir el derribo del oponente.
- 4- A pesar de que aparecen puntos ocultos, el estudio de **reproducibilidad** de la digitalización ha dado buenos resultados. En cualquier caso, se hace necesaria la formación apropiada del digitalizador para minimizar errores.

- 5- Se ha comprobado que en la Lucha Leonesa la frecuencia de muestreo óptima en los análisis fotogramétricos es de 10 Hz. Se cree que frecuencias de muestreo similares pueden ser también óptimas en otros deportes de lucha.
- Respecto al **segundo objetivo**: *presentar criterios biomecánicos para la división en fases de las técnicas de lucha a partir del estudio del equilibrio.*
- 6- El criterio propuesto para la **división en fases** por medio de la relación entre el CM y la BS es aplicable a la totalidad de las mañas estudiadas y permite diferenciar claramente entre las fases de desequilibrio y derribo.
- Respecto al **tercer objetivo**: *describir la cinemática de las técnicas de la Lucha Leonesa a partir de variables cuantitativas.*
- 7- Las variables analizadas han permitido describir aspectos biomecánicos de las mañas de la Lucha Leonesa que podrán servir para **mejorar la eficacia** de su ejecución así como para seleccionar las más apropiadas en cada situación de combate.
- Respecto al **cuarto objetivo**: *realizar una clasificación con criterios mecánicos de las mañas de la Lucha Leonesa.*
- 8- Las tres clasificaciones de las mañas que se han realizado en función de criterios mecánicos (la altura máxima que alcanza el CM del oponente, la duración de las fases y la dirección de desequilibrio) **presentan una alternativa** a las tradicionales clasificaciones según criterios anatómicos.
- 9- La agrupación de las mañas en categorías de similares características mecánicas **facilita** su aprendizaje técnico y el planteamiento de la estrategia de combate.
- Respecto al **quinto objetivo**: *comparar la eficacia de las mañas de la Lucha Leonesa.*

- 10- Tanto en la *gocha* como en la *media vuelta* se observan cualidades positivas en todos los apartados analizados, lo que las hace **preferibles** desde el punto de vista biomecánico.
- 11- En las mañas *garabito*, *dedilla*, *mediana* y *zancajo*, durante el momento crítico del desequilibrio el atacante presenta **pobres condiciones de estabilidad**. El oponente puede aprovechar ese momento de debilidad para contraatacar y derribarle.
- 12- Las mañas de *elevación alta* (*cadrihada*, *remolino*, *saque a vueltas* y *sobaquillo*), son las que **mayor esfuerzo requieren**. A pesar de todo, las condiciones de estabilidad durante el desequilibrio son buenas, con lo que **pueden resultar eficaces** cuando el atacante no acusa la fatiga propia del combate.
- 13- El *retortijón* es una maña **poco eficaz** y llena de contradicciones desde el punto de vista mecánico, lo que corrobora la idea de que no es realmente una maña sino una derivación producto de la mala técnica de algunos luchadores.

## **7.2.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.**

A continuación se describen las líneas que, partiendo de este trabajo, pueden ser tratadas en futuras investigaciones:

- Validar la localización de los puntos ocultos mediante otro método directo de posicionamiento de marcadores sobre los luchadores.
- Utilizar más de dos cámaras, situadas en distintos puntos, para reducir el número de puntos ocultos.
- Comparar la eficacia de las mañas en situaciones especiales, como el caso en el que el atacante sea considerablemente más bajo o más alto que el oponente.
- Llevar el análisis a situación real de competición y comprobar la validez de la metodología desarrollada.
- Aplicar la metodología a otros deportes de lucha en los que el objetivo principal sea el derribo del oponente.



## BIBLIOGRAFÍA





- ABBOTT, P. (1993). “*Mecánica*”. Pirámide. Madrid.
  
- ABDEL-AZIR, Y.I. y KARARA, H.M. (1971). “Direct Linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrametry” *Proceedings ASP/ VI Symposium on close-range photogrametry*. American Society of Photogrametry.
  
- ADRIAN, M.J. y COOPER, J.M. (1995). “*Biomechanics of Human Movement*”. Brown & Benchmark. Wisconsin.
  
- AGUADO, X. y BANEGAS, J. (1989). “Transferencia de estrategias equilibradoras entre actividades motrices”. *Revista de Educación Física*, **29-30**: 13-16.
  
- AGUADO, X. (1993). “*Eficacia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano*”. INDE. Barcelona.
  
- AGUADO, X. e IZQUIERDO, M. (1995). “*16 prácticas de biomecánica*”. Universidad de León. León.
  
- AGUADO, X.; BURÓN, C.; IZQUIERDO, M. y LÓPEZ, J.L. (1997a). “Análisis biomecánico del lanzamiento de peso: técnica lineal frente a la técnica de rotación”. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RΣD)*, tomo XIB, **1**: 28-32.
  
- AGUADO, X.; IZQUIERDO, M. y GONZÁLEZ, J.L. (1997b). “*Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*”. Universidad de León. León.
  
- AGUADO, X.; LÓPEZ, J.L. y GRANDE, I. (2000). “Estudio de la técnica de los mejores lanzadores de peso españoles y del mundo con Kinescan/IBV. Aspectos metodológicos y prácticos”. *Revista de biomecánica*, **26**: 29-33.
  
- ALMADA, F. (1980). “*JUDO. Análise Mecânica das Técnicas de Projecção do Góquio*”. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Educação Física. Lisboa.

- ALONSO, A. (1988). “El verdugo de la Lucha Leonesa”. *Diario de León*. León.
- AMADOR, F. (1991). “La estructura formal y funcional de la Lucha Canaria”. *Deporte y Salud*, nº 5 y 6.
- AMADOR, F. (1995). “*Manual de Lucha Canaria*”. EDECA. Las Palmas de Gran Canaria.
- AMADOR, F. (1996). “Análisis estructural-sistémico de la acción de lucha”. *Perspectivas*, **18**: 2-9.
- ANGULO, R.M. y DAPENA, J. (1992). “Comparison of film and video techniques for estimating three-dimensional coordinates within a large field”. *International Journal of Sport Biomechanics*, **8**: 145-151.
- ARIEL, I. (1994). “*The ARIEL performance analysis system (APAS)*”. Manual de referencia del paquete de software.
- AZÉMAR. G. (1982). “*Neurobiologie*”. Ministère jeunesse et des sports. París.
- BARBOT, A. (1988). “Contenidos de enseñanza en los deportes de combate con agarre”. *Revista de Educación Física*, **21**: 8-14.
- BARTKOWIAK, D.S. (1959). “*A cinematographical analysis of three basic wrestling moves*”. Tesis Universidad de Wisconsin. Madison
- BAUMANN, A. (1987). “Qu'est-ce le ju-jitsu?”. *Macolin*, vol. 44, **3**: 7-13.
- BÄUMLER, G. y SCHNEIDER, K. (1989). “*Biomecánica deportiva. Fundamentos para el estudio y la práctica*”. Martínez Roca. Barcelona.
- BEISER, A. (1978). “*Teoría y problemas de física aplicada*”. McGraw-Hill. México.

- BORGHESE, N.A.; CERVERI, P. y FERRIGNO, G.C. (1997). "Statistical comparison of DLT versus ILSSC in the calibration of a photogrammetric stereo-system". *Journal of Biomechanics*, **4**: 409-413.
- BRARD, J.P. y LATERRADE, D. (1992). "La lucha en la escuela". *Revista de Educación Física*, **43**: 22-25.
- BURBANO, S. y BURBANO, E. (1983). "*Física general*". Librería General. Zaragoza.
- CALVERT, T.W. y BRUDERLIN, A. (1995). "Computer graphics for visualization and animation". En *Three-Dimensional Analysis of Human Movement* (Editado por Allard, P.; Stokes, I. y Blachi, J.P.), pp. 101-123. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
- CARRIL, R.D. y PRIETO, J. (1992). "*Física general. 1ª parte*". Júcar. Barcelona.
- CARR, G. (1997). "*Mechanics of sports. A practitioner's guide*". Human Kinetics. Champaign, Illinois.
- CARTER, J.E.L. (1984). "Somatotypes of Olympic athletes from 1948 to 1976". En *Physical Structure of Olympic Athletes. Part II Kinanthropometry of Olympic Athletes* (Editado por Carter, J.E.L.), pp. 80-190. Basel. Karger.
- CARTER, J.E.L. y HEATH, B.H. (1990). "Analysis". En *Somatotyping. Development and applications* (Editado por Lasker, G.W.; Mascie-Taylor, C.G. y Roberts, D.F.), pp. 398-420. Cambridge University Press. Cambridge.
- CASTARLENAS, J.LI. (1990). "Deportes de combate y lucha: aproximación conceptual y pedagógica". *Apunts: Educació Física i Esports*, **19**: 21-28.
- CASTARLENAS, J.LI. (1993). "Estudio de las situaciones de oposición y competición. Aplicación de los universales ludomotores a los deportes de combate: el judo". *Apunts: Educació Física i Esports*, **32**: 54-64.

- CATALA, J. (1979). “Física”. Cometa. Madrid.
- CECCHINI, J.A. (1989). “El Judo y su razón kinantropológica”. GH Editores. Gijón.
- CHALLIS, J.H. y KERWIN, D.G. (1992a). “Accuracy assessment and control point configuration when using the DLT for photogrammetry”. *Journal of Biomechanics*, vol. 25, **9**: 1053-1058.
- CHALLIS, J.H. y KERWIN, D.G. (1992b). “Calculating upper limb inertial parameters”. *Journal of Sports Sciences*, **10**: 275-284.
- CHALLIS, J.H. (1995). “A multiphase calibration procedure for the direct linear transformation”. *Journal of Applied Biomechanics*, **11**: 351-358.
- CHANDLER, R.F.; CLAUSER, C.E.; McCONVILLE, J.T.; REYNOLDS, H.M. y YOUNG, J.W. (1975). “Investigation of inertial properties of the human body”. (AMRL-TR-74-137), Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
- CHEN, L., ARMSTRONG, C.W. y RAFTOPOULUS, D.D. (1994). “An investigation on the accuracy of three dimensional space reconstruction using the direct linear transformation technique”. *Journal of Biomechanics*, vol. 27, **4**: 493-500.
- CLAUSER, C.E.; McCONVILLE, J. y YOUNG, I.W. (1969). “Weight, volume and center of mass of segments of the human body”. (AMRL-TR-69-70), Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
- COLLINET, S. (1995). “Algoritmo y Educación Física-Deportiva. Un ejemplo: los deportes de lucha con agarre”. *Revista de Educación Física*, **59**: 29-32.
- CORDERO, C. (1999). “Acercamiento a los orígenes de la lucha e introducción a la historia de la Lucha Leonesa”. En *Iniciación a la Lucha Leonesa. Manual completo del monitor*, pp. 23-49, Excma. Diputación Provincial de León. León.

- CROMER, A.H. (1985). “*Física para las ciencias de la vida*”. Reverté. Barcelona.
- DAPENA, J. y McDONALD, C. (1989). “A three-dimensional analysis of angular momentum in the hammer throw”. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **21**: 206-220.
- DYSON, G. (1982). “*Mecánica del atletismo*”. Stadium. Buenos aires.
- DONSKOI, D. y ZATSIORSKY, V. (1988). “*Biomecánica de los ejercicios físicos*”. Ráduga. Moscú.
- DOPICO, J. e IGLESIAS, E. (1994). “Judo: hacia un análisis de la táctica en función del reglamento”. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RΣD)*, tomo VII, **2**: 37-44.
- ESPARZA, F. (1993). “*Manual de cineantropometría*”. GREC, Monografías Femedé. Madrid.
- ESPARTERO, J. y MARTÍN, J.C. (1994). “La Lucha Leonesa: de tradición a deporte institucionalizado”. *Perspectivas*, **16**: 29-34.
- ESPARTERO, J. y MARTÍN, J.C. (1995). “Análisis conceptual, estructural formal y estructural dinámico de un deporte de lucha con agarre: la Lucha Leonesa”. *Perspectivas*, **17**: 42-47.
- FEDERACIÓN TERRITORIAL DE CASTILLA Y LEÓN DE LUCHA. (1998) “*Reglamento Deportivo y Régimen Disciplinario de la Federación Territorial de Castilla y León de Lucha*”. Excma. Diputación Provincial de León. León.
- FERNÁNDEZ, A. (1993). “*Física básica P*”. Alianza Editorial. Madrid.
- GANONG, W. (1986). “*Fisiología médica*”. El Manual Moderno. México.

- GARCÍA, F.J. (1975). “*La Lucha Leonesa, de tradición folklórica a deporte federado*”. Tesina INEF de Madrid. Madrid.
- GARCÍA, F.J. (1977). “*La Lucha Leonesa*”. Edición de la institución «Fray Bernardino de Sahagún», de la Excma. Diputación Provincial de León (C.S.I.C.). León.
- GARCÍA, J.A. (1979). “*Estudio anatómico funcional de algunos aspectos de la Lucha Leonesa*”. Tesina del INEF de Madrid. Madrid.
- GONZÁLEZ, F. (1969). “*Vocabulario de uso frecuente en la montaña leonesa*”. Consultores editoriales. Madrid.
- GONZÁLEZ, F. y GONZÁLEZ, M<sup>a</sup>.T. (1983). “*Escenas costumbristas de la montaña leonesa*”. Consultores editoriales. Madrid.
- GOY, J.M. (1929). “*Susarón, paisajes y costumbres de la montaña leonesa*”. Astorga.
- GRANDE, I. (1998). “*Estudio cinemático de la fase final del lanzamiento de peso en los mejores atletas españoles. Aplicación al entrenamiento de la fuerza por medio de ejercicios especiales*”. Tesina del INEF de Castilla y León. Universidad de León. León.
- GRANDE, I.; LÓPEZ, J.L.; MEANA, M. y AGUADO, X. (1999a). “Aplicación al entrenamiento especial de la fuerza del estudio cinemático del lanzamiento de peso”. *Archivos de Medicina del Deporte*, vol. XVI, **70**: 133-141.
- GRANDE, I.; BURÓN, C.; LÓPEZ, J.L.; MEANA, M.; TOMÉ, I. y AGUADO, X. (1999b). “Estudio biomecánico del lanzamiento de peso en competición. Su aplicación a la construcción de ejercicios específicos de entrenamiento”. *Revista ICD, Ministerio de Educación y Ciencia, Consejo Superior de Deportes* (en imprenta).
- GRANDE, I.; LÓPEZ, J.L.; MEANA, M.; TOMÉ, I.; SÁNCHEZ, R. y AGUADO, X. (2000). “Biomecánica de los miembros inferiores en la técnica lineal del lanzamiento de

- peso en los finalistas del Campeonato de España de Atletismo San Sebastián'98". *Archivos de Medicina del Deporte*, vol. XVII, **75**: 31-39.
- GROSSER, HERMANN, TUSKER y ZINTL (1991). "*El movimiento deportivo. Bases anatómicas y biomecánicas*". Martínez Roca. Barcelona.
  - GROSSER, M. y NEUMAIER, A. (1986). "*Técnicas de entrenamiento*". Martínez Roca. Barcelona.
  - GRUEN, A. (1997). "Fundamentals of videogrammetry. A review". *Human Movement Science*, **16**: 155-187.
  - GÜNTER, B. y KLAUS, S. (1989). "*Biomecánica deportiva. Fundamentos para el estudio y la práctica*". Martínez Roca. Barcelona.
  - HAINAUT, K. (1976). "*Introducción a la biomecánica*". Jims. Barcelona.
  - HAMILL, J. y KNUTZEN, K.M. (1995). "*Biomechanical Basis of Human Movement*". Williams & Wilkins. Baltimore.
  - HANAVAN, E.P. (1964). "*A mathematical model for the human body*". Report N° AMRL-TR-102, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
  - HATZE, H. (1980). "A mathematical model for the computational determination of parameters values of anthropomorphic segments". *Journal of Biomechanics*, **13**: 833-843.
  - HATZE, H. (1988). "High-precision three-dimensional photogrammetric calibration and object space reconstruction using a modified DLT-approach". *Journal of Biomechanics*, vol. 21, **7**: 533-538.
  - HAY, J.G. (1993). "*The biomechanics of sports techniques*". Prentice Hall. New Jersey.

- HERNÁNDEZ, J. (1973). “Enseñanza de las técnicas básicas de lucha canaria”. Tesina del INEF de Madrid. Madrid.
- HERNÁNDEZ, R. (1990). “Morfología funcional deportiva”. *Servei de docència i investigació*, vol. II. Secretaria General de l'esport. Espluges.
- HERNÁNDEZ, R. (1996). “Materiales biodinámicos y biomecánicos”. *II Seminario Internacional de Cirugía Podológica*. Jerez.
- HEWITT, P.G. (1995). “Física conceptual”. Addison-Wesley Iberoamericana. Buenos Aires.
- HIBBELER, R.C. (1989). “Mecánica para ingenieros. Estática”. Cecs. México.
- HINRICHS, R.N. (1990). “Adjustments to the segment center of mass proportions of Clauser et al. (1969)”. *Journal of Biomechanics*, vol. 23, **9**: 949-951.
- HINRICHS, R.N. y McLEAN, S.P. (1995). “NLT and extrapolated DLT: 3-D cinematography alternatives for enlarging the volume of calibration”. *Journal of Biomechanics*, vol. 28, **10**: 1219-1223.
- HOCHMUTH, G. (1973). “Biomecánica de los movimientos deportivos”. Traducción del Instituto Nacional de Educación Física. Madrid.
- JENSEN, R.K. y FLETCHER, P. (1993). “Body segments of inertia of the elderly”. *Journal of Applied Biomechanics*, **9**: 287-305.
- JENSEN, R.K. y FLETCHER, P. (1994). “Distribution of mass to the segments of elderly males and females”. *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 27, **1**: 89-96.
- JUSTICE, T. (1990). “The wrestling waist and arm throw”. *National Strength and Conditioning Association Journal*, vol. 12, **3**: 6-9 y 82-88.

- KANO, J. (1989). “*Judo. Kodokan*”. Eyras. Madrid.
- KANE, J.W. y STERNHEIM, M.M. (1991). “*Física*”. Reverté. Barcelona.
- KENNEDY, P.W., WRIGHT, D.L., SMITH, G.A. (1989). “Comparison of film and video techniques for three-dimensional DLT repredictions”. *International Journal of Sport Biomechanics*, **5**: 457-460.
- KINGMA, I.; TOUSSAINT, H.M.; COMMISARIS, D.; HOOZEMANS, M. y OBER, M.J. (1995). “Optimizing the determination of the body center of mass”. *Journal of Biomechanics*, vol. 28, **9**: 1137-1142.
- KINGMA, I.; LOOZE, M.P.; TOUSSAINT, H.M.; KLIJNSMA, H.G. y BRUIJNEN, T. (1996). “Validation of a full body 3-D dynamic linked segment model”. *Human Movement Science*, **15**: 833-860.
- KOLYCHKINE, A. (1989). “*JUDO. Nueva didáctica*”. Paidotribo. Barcelona.
- KREIGHBAUM, E. y BARTHEL, K.M. (1996). “*Biomechanics. A qualitative approach for studying human movement*”. Allyn & Bacon. Boston.
- LAFON, M. (1995). “Repères techniques et pédagogiques”. *EPS*, **256**: 48-49.
- LAVIE, P.F. y MEULEY, P. (1995). “Pour un aménagement optimal de l’opposition”. *EPS*, **256**: 74-77.
- de LEVA, P. (1996a). “Joint center longitudinal positions computed from a selected subset Chandler’s data”. *Journal of Biomechanics*, vol. 29, **9**: 1231-1233.
- de LEVA, P. (1996b). “Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov’s segment inertia parameters”. *Journal of Biomechanics*, vol. 29, **9**: 1223-1230.

- LÓPEZ, C. y FLÓREZ, M.A. (1995). “*La Lucha Leonesa de hoy. Manual didáctico*”. CRISC. León.
  
- LÓPEZ, C.; VILLA, G.; DE PAZ, J.A. y MANSILLA, M. (1997a). “Características morfológicas de la Lucha Leonesa”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 97-104, Gymnos. Madrid.
  
- LÓPEZ, C.; VILLA, G.; DE PAZ, J.A. y MANSILLA, M. (1997b). “Parámetros bioquímicos y hormonales en la Lucha Leonesa”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 135-149. Gymnos. Madrid.
  
- LÓPEZ, C. (1999). “Las acciones técnicas en la Lucha Leonesa”. En *Iniciación a la Lucha Leonesa. Manual completo del monitor*, pp. 151-176, Excma. Diputación Provincial de León. León.
  
- LÓPEZ, J.L. (1998) “*Desarrollo de un nuevo software para el cálculo de la potencia mecánica en el salto con plataforma de fuerzas. Estudio de la reproducibilidad de los valores obtenidos en diversos tests de saltos*”. Tesina del INEF de Castilla y León. Universidad de León. León.
  
- LÓPEZ, J.L.; AGUADO, X.; GRANDE, I. y TOMÉ, I. (1998). “Nuevo software para el cálculo de variables de equilibrio a partir de estudios cinemáticos”. Comunicado 2ª *Reunión de Usuarios de Instrumentación Biomecánica*. Valencia.
  
- LÓPEZ, J.L.; AGUADO, X. y GRANDE, I. (1999). “Biomecánica de los deportes de lucha (y una propuesta de clasificación de las mañas de la Lucha Leonesa)”. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, tomo XIII, 4: 37-42.
  
- LÓPEZ, J.L.; GRANDE, I.; LÓPEZ, C.; MEANA, M. y AGUADO, X. (2000a). “Propuesta metodológica para el análisis biomecánico en deportes de lucha: análisis cinemático del garabito”. *Archivos de Medicina del Deporte*, (en imprenta).

- LÓPEZ, J.L.; GRANDE, I.; MEANA, M. y AGUADO, X. (2000b). “Estudio biomecánico de los deportes de lucha”. En: *Manual del entrenador de lucha (en imprenta)*. León.
- LÓPEZ, P. (1973). “Lucha canaria: estudio analítico y comparativo con el yudo”. Tesina del INEF de Madrid. Madrid.
- MANSILLA, M.; VILLA, G.; ESPARTERO, J. y LÓPEZ, C. (1997). “Análisis videográfico de las acciones técnicas en combates de Lucha Leonesa”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 501-510. Gymnos. Madrid.
- MARGNES, E. (1997). “Apprentissage des conventions”. *EPS*, **264**: 15-17.
- McConville, J.T.; Churchill, T.D. y Kaleps, I. (1980) “*Anthropometric relationship of body and body segments moments of inertia*”. Aerospace Medical Research Laboratory Report (AFAMRL-TR-80-119). Wright-Patterson Air Force Base.
- MCGILL, D.J. y KING, W.W. (1991). “*Estática I*”. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- MCGINNIS, P.M. (1999). “*Biomechanics of sport and exercise*”. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
- MERIAM, J.L. (1985). “*Estática*”. Reverté. Barcelona.
- MIRALLAS, J. (1988). “Estructura del proceso de desequilibrio para una didáctica del judo”. *Revista de Educación Física*, **24**: 26-28.
- MIRALLAS, J.A. (1989). “Estructura del sistema biomecánico de las técnicas específicas del judo”. *Revista de Educación Física*, **29-30**: 7-12.

- MIRALLAS, J.A. (1995). “*Bases didácticas del judo. Biomecánica para el estudio y el aprendizaje de la técnica y la táctica del judo*”. CPET. Barcelona.
- MOSSTON, M. (1968). “*Gimnasia dinámica*”. Pax. México.
- MUNGIOLE, M. y MARTIN, P.E. (1990). “Estimating inertial properties: comparison of magnetic resonance imaging with existing methods”. *Journal of Biomechanics*, vol. 23, **10**: 1039-1046.
- NAVARRO, E.; CAMPOS, J.; CHILLARON, E. y VERA, P. (1995). “Análisis biomecánico de la técnica individual de los dos mejores atletas españoles de lanzamiento de jabalina”. *Revista ICD, Ministerio de Educación y Ciencia, Consejo Superior de Deportes*, **1**: 46-89.
- NIGG, B.M. y HERZOG, W. (1999). “*Biomechanics of the musculo-skeletal system*”. Wiley. Chichester.
- OSINSKI, W.; KOWALZYK, J.; SZEKLIKI, R. y MACIASZEK, J. (1994). “Measurement of static body balance by computer posturometry”. *Biology of sport*, vol. 11, **2**: 123-131.
- PÁEZ, C.; VILALTA, E. (1983). “*Judo infantil. Pedagogía y técnica*”. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- PAPACHRISTOS, Z.G. (1969). “*External mechanics of eight selected single leg takedowns in amateur wrestlers*”. Tesis del San Jose State College. San José.
- PEARSAL, D.J. y REID, J.G. (1994). “The study of human body segment parameters in biomechanics. An historical review and current status report”. *Sports Medicine*, vol. 18, **2**: 126-140.
- PÉREZ, J.P. (1993). “Principios para la enseñanza de la lucha en educación física”. *Perspectivas*, **16**: 29-34.

- PLAGENHOEF, S. (1971). “*Patterns of human motion, a cinematographic analysis*”. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- PRIOR, J.G. (1982). “Analysis of the Power Granby Roll”. *Athletic Journal*, **6**: 62-66.
- RABUFFETTI, M. y BARONI, G. (1999). “Validation protocol of models for centre of mass estimation”. *Journal of Biomechanics*, **32**: 609-613.
- RASCH, P.J. (1991). “*Kinesiología y anatomía aplicada*”. El Ateneo. Buenos Aires.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (1992). “*Diccionario de la lengua española*”. Espasa, 21ª edición. Madrid.
- ROBLES, J.A. (1997). “Espacios deportivos no convencionales: los corros de aluches”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 529-538. Gymnos. Madrid.
- ROCHA, M.S.L. (1975). “Peso ósseo do brasileiro de ambos sexos de 17 a 25 anos”. *Arquivos de Anatomía e Antropología*, **1**: 445-451.
- ROCHA, A. (1984). “Algumas considerações sobre as quedas no judo. Contributos para a sua análise”. *Ludens*, vol. 8, **3**: 13-19.
- RODRÍGUEZ, O. y GALLEGO, C. (1985). “¿Hay quien luce?”. Excma. Diputación Provincial de León. León.
- ROQUETTE, J. (1994). “Sistematização e análise das técnicas de controlo das quedas no Judo (“Ukemis”)”. *Ludens*, vol. 14, **2**: 45-53.
- SACRIPANTI, A. (1987). “La biomeccanica del judo”. *SDS Rivista di Cultura Sportiva*, vol. 10, **6**: 56-60.

- SACRIPANTI, A. (1990). “Biomecánica degli stili di lotta”. SDS Rivista di cultura sportiva, **9**: 47-58.
- SACRIPANTI, A. (1991). “La biomecánica del judo”. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RΣD)*, vol. V, **1**: 24-30.
- SACRIPANTI, A. (1995). “*Fondamenti di biomeccanica*”. FILPJK, Roma.
- SACRIPANTI, A. (1996). “*Biomeccanica degli sport di combattimento*”. FILPJK, Roma.
- SACRIPANTI, A. (1997a). “Canary and lion wrestling styles. A biomechanical comparison”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 119-130. Gymnos. Madrid.
- SACRIPANTI, A. (1997b). “Contest dynamics general biomechanical theory of contests sports”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 353-364. Gymnos. Madrid.
- SANDOR, B.I. (1989) “*Ingeniería mecánica. Estática*”. Prentice Hall. México.
- SARFATY, O. y LADIN, Z. (1993). “A video-based system for the estimation of the inertial properties of body segments”. *Journal of Biomechanics*, vol. 26, **8**: 1011-1016.
- SCHWARTE, D. (1997). “*El gran libro de Visual C++*”. Marcombo Data Becker. Zaragoza.
- SERWAY, R.A. (1989). “*Física*”. McGraw-Hill. Madrid.
- SIRGO, G. y AGUADO, X. (1991a). “Estudio del comportamiento de la huella plantar en jugadores de voleibol después del esfuerzo considerando su composición corporal y somatotipo”. *Apunts de Medicina de l'Esport*, vol. XXVIII: 207-212.

- SIRGO, G. y AGUADO, X. (1991b). “Estudio de las variaciones en el pie de apoyo mediante el método de la huella plantar en jóvenes jugadores de balonmano”. *Abstract Archivos de Medicina del Deporte*, vol. VIII: 42.
- SIRGO, G. y AGUADO, X. (1992). “El pie: consideraciones prácticas para la prevención de lesiones”. *Perspectivas de la educación Física y el Deporte*, **9**: 31-34.
- SIRGO, G.; AGUADO, X.; TEJEDOR, J.C. y BREL, J. (1992). “El niño ante el deporte de competición visto desde el punto de vista biomecánico, a propósito de un estudio transversal basado en la función de apoyo de gimnastas”. *Perspectivas de la Actividad Física y el Deporte*, **11**: 13-17.
- SOTO, V.M. (1995). “*Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica realista del cuerpo humano*”. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada. Granada.
- SPIEGEL, M.R. (1996). “*Mecánica teórica*”. McGraw-Hill. Madrid.
- TAKAHASHI, R. (1992). “The application of biomechanics to judo technique. Okuri-Ashi-Barai”. *Sports Coach*, octubre-diciembre: 30-33.
- TEZUKA, M.; FUNK, S.; PURCELL, M. y ADRIAN, M.J. (1983). “Kinetic analysis of judo technique”. En *Biomechanics VIII-A & B* (Editado por Matsui, H., y Kobayashi, K.), pp. 869-875. Human Kinetics, Champaign.
- TIPLER, P.A. (1989). “*Física. Tomo I*”. Reverté. Barcelona.
- TORRES, G. (1990). “Las unidades motrices básicas luctatorias y su aplicación en la educación física”. *Apunts: Educació Física i Esports*, **24**: 45-56.
- TRILLES, F.; LACOUNTE, P. y CADIÈRE, R. (1990). “Analyse de différents styles d’une projection de judo (uchi-mata)”. *Science et motricité*, **10**: 33-43.

- UZAWA, T. (1981). “*Pedagogía del judo*”. Miñón. Valladolid.
- VANGIONI, J. (1989). “Objetivos pedagógicos en los deportes de combate y de equipo”. *Revista de Educación física*, **28**: 29-34.
- VARIOS AUTORES (1998). “*Reglamento de Deportes Autóctonos y Juegos Populares de León*”. Excma. Diputación Provincial de León. León.
- VERDURAS, A. (1999). “Reglamento deportivo de Lucha Leonesa”. En *Iniciación a la Lucha Leonesa. Manual completo del monitor*, pp. 201-206. Excma. Diputación Provincial de León. León.
- VIDAL, J.M. (1972). “*Curso de física*”. Grafesa. Barcelona.
- VILADOT, A. (1989). “*Quince lecciones sobre patología del pie*”. Toray. Barcelona.
- VILLA, J.G.; MANSILLA, M.; GARCÍA, J.; DE PAZ, J.A. y LÓPEZ, C. (1997). “Valoración funcional en combates de Lucha Leonesa”. En *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales*, (Editado por Amador, F.; Castro, U. y Alamo, J.M.), pp. 251-263. Gymnos. Madrid.
- VON DÖBELN, W. (1964). “Determination of body constituents”. En *Occurrences, causes and prevention of overnutrition* (Editado por Blix, G.). Upsala, Alkimist y Wiksell.
- WOLTRING, H.J. (1985). “An optimal smoothing and derivate estimation from noisy displacement data in biomechanics”. *Human Movement Science*, **4**: 229-245.
- WOLTRING, H.J. (1986). “A fortran package for generalized, cross validatory spline smoothing and differentiation”. *Advanced Engineering Software*, **6**: 104-113.

- WOLTRING, H.J. (1995). "Smoothing and differentiation techniques applied to 3-D data". En *Three-Dimensional Analysis of Human Movement* (Editado por Allard, P.; Stokes, I. y Blachi, J.P.), pp. 79-99. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
  
- YAO, P. y LEINECKER, P. (1996). "*Todo visual C++*". Infobook's. Barcelona.
  
- WOOD, G.A. y MARSHALL, R.N. (1996). "The accuracy of DLT extrapolation in three dimensional film analysis". *Journal of Biomechanics*, vol. 19, 9: 781-785.
  
- ZATSIORSKY, V.M. y SELUYANOV, V. (1983). "The mass and inertia characteristics of the main segments of the human body". En *Biomechanics VIII-B* (Editado por Matsui, H. y Kobayashi, K.), pp. 1152-1159. Human kinetics. Champaign, Illinois.
  
- ZATSIORSKY, V.M. y SELUYANOV, V. (1985). "Estimation of the mass and inertia characteristics of the human body by means of the best predictive regression equations". En *Biomechanics IX-B* (Editado por Winter, D.A.; Norman, R.W.; Wells, R.P.; Hayes, K.C. y Patla, A.E.), pp. 233-239. Human kinetics. Champaign, Illinois.
  
- ZATSIORSKY, V.M. (1998). "*Kinematics of Human Motion*". Human Kinetics. Champaign, Illinois.





ANEXO





## PRINCIPALES RUTINAS DEL PROGRAMA *EQUILVAR*

Se presentan las rutinas del programa *Equilvar* en las que se realizan los cálculos de las variables más importantes del estudio, que son la localización del CM, el cálculo de la BS y los ángulos de caída.

```
#define NUMPUNTOS 26
#define POSICIONj*d_numfotos*NUMPUNTOS+h*NUMPUNTOS
void CCdgDoc::CalculaCM(int j, int h, Punto3D & PCM)
{
    PCM.Inicia();
    if(d_luchador)
    {
        //cabeza
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+1) -
* (Fx+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fx+POSICION+0) ) *0.0694;
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+1) -
* (Fy+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fy+POSICION+0) ) *0.0694;
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+1) -
* (Fz+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fz+POSICION+0) ) *0.0694;
        //tronco
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+19) -
* (Fx+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fx+POSICION+8) ) *0.4346;
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+19) -
* (Fy+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fy+POSICION+8) ) *0.4346;
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+19) -
* (Fz+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fz+POSICION+8) ) *0.4346;
        //brazoD
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+5) -
* (Fx+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fx+POSICION+6) ) *0.0271;
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+5) -
* (Fy+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fy+POSICION+6) ) *0.0271;
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+5) -
* (Fz+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fz+POSICION+6) ) *0.0271;
```

```
//brazoI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+9) -
* (Fx+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fx+POSICION+7) ) *0.0271;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+9) -
* (Fy+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fy+POSICION+7) ) *0.0271;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+9) -
* (Fz+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fz+POSICION+7) ) *0.0271;
//antebrazoD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+4) -
* (Fx+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fx+POSICION+5) ) *0.0162;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+4) -
* (Fy+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fy+POSICION+5) ) *0.0162;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+4) -
* (Fz+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fz+POSICION+5) ) *0.0162;
//antebrazoI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+10) -
* (Fx+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fx+POSICION+9) ) *0.0162;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+10) -
* (Fy+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fy+POSICION+9) ) *0.0162;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+10) -
* (Fz+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fz+POSICION+9) ) *0.0162;
//manoD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+3) -
* (Fx+POSICION+4) ) *0.79+* (Fx+POSICION+4) ) *0.0061;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+3) -
* (Fy+POSICION+4) ) *0.79+* (Fy+POSICION+4) ) *0.0061;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+3) -
* (Fz+POSICION+4) ) *0.79+* (Fz+POSICION+4) ) *0.0061;
//manoI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+11) -
* (Fx+POSICION+10) ) *0.79+* (Fx+POSICION+10) ) *0.0061;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+11) -
* (Fy+POSICION+10) ) *0.79+* (Fy+POSICION+10) ) *0.0061;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+11) -
* (Fz+POSICION+10) ) *0.79+* (Fz+POSICION+10) ) *0.0061;
```

```

//musloD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+16) -
* (Fx+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fx+POSICION+17) ) *0.1416;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+16) -
* (Fy+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fy+POSICION+17) ) *0.1416;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+16) -
* (Fz+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fz+POSICION+17) ) *0.1416;
//musloI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+20) -
* (Fx+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fx+POSICION+18) ) *0.1416;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+20) -
* (Fy+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fy+POSICION+18) ) *0.1416;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+20) -
* (Fz+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fz+POSICION+18) ) *0.1416;
//piernaD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+15) -
* (Fx+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fx+POSICION+16) ) *0.0433;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+15) -
* (Fy+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fy+POSICION+16) ) *0.0433;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+15) -
* (Fz+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fz+POSICION+16) ) *0.0433;
//piernaI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+21) -
* (Fx+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fx+POSICION+20) ) *0.0433;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+21) -
* (Fy+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fy+POSICION+20) ) *0.0433;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+21) -
* (Fz+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fz+POSICION+20) ) *0.0433;
//pieD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+12) -
* (Fx+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fx+POSICION+14) ) *0.0137;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+12) -
* (Fy+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fy+POSICION+14) ) *0.0137;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+12) -
* (Fz+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fz+POSICION+14) ) *0.0137;

```

```
        //pieI
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+24) -
* (Fx+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fx+POSICION+22) ) *0.0137;
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+24) -
* (Fy+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fy+POSICION+22) ) *0.0137;
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+24) -
* (Fz+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fz+POSICION+22) ) *0.0137;
    }
    /*FILE *Fichsal;
    if ((Fichsal=fopen("nada3.txt", "w"))== NULL)
    {
        AfxMessageBox("No puedo abrir el fichero de salida",
            MB_ICONEXCLAMATION);
        return;
    }
    fprintf(Fichsal, "Muñeco= %d Foto= %d %.5f %.5f %.5f", j, h,
        PCM.x, PCM.y, PCM.z);
    fclose(Fichsal);*/
}

void CCdgDoc::CalculaCM_Sistema(int h, Punto3D &PCM)
{
    int j;

    PCM.Inicia();
    if(d_luchador)
    {
        j=0;
        //cabeza
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+1) -
* (Fx+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fx+POSICION+0) ) *0.0694*d_porcentaje;
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+1) -
* (Fy+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fy+POSICION+0) ) *0.0694*d_porcentaje;
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+1) -
* (Fz+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fz+POSICION+0) ) *0.0694*d_porcentaje;
```

```

//tronco
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+19) -
* (Fx+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fx+POSICION+8) ) *0.4346*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+19) -
* (Fy+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fy+POSICION+8) ) *0.4346*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+19) -
* (Fz+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fz+POSICION+8) ) *0.4346*d_porcentaje;
//brazoD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+5) -
* (Fx+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fx+POSICION+6) ) *0.0271*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+5) -
* (Fy+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fy+POSICION+6) ) *0.0271*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+5) -
* (Fz+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fz+POSICION+6) ) *0.0271*d_porcentaje;
//brazoI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+9) -
* (Fx+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fx+POSICION+7) ) *0.0271*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+9) -
* (Fy+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fy+POSICION+7) ) *0.0271*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+9) -
* (Fz+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fz+POSICION+7) ) *0.0271*d_porcentaje;
//antebrazoD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+4) -
* (Fx+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fx+POSICION+5) ) *0.0162*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+4) -
* (Fy+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fy+POSICION+5) ) *0.0162*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+4) -
* (Fz+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fz+POSICION+5) ) *0.0162*d_porcentaje;
//antebrazoI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+10) -
* (Fx+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fx+POSICION+9) ) *0.0162*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+10) -
* (Fy+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fy+POSICION+9) ) *0.0162*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+10) -
* (Fz+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fz+POSICION+9) ) *0.0162*d_porcentaje;

```

```
//manoD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+3) -
* (Fx+POSICION+4) ) *0.79+* (Fx+POSICION+4) ) *0.0061*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+3) -
* (Fy+POSICION+4) ) *0.79+* (Fy+POSICION+4) ) *0.0061*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+3) -
* (Fz+POSICION+4) ) *0.79+* (Fz+POSICION+4) ) *0.0061*d_porcentaje;
//manoI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+11) -
* (Fx+POSICION+10) ) *0.79+* (Fx+POSICION+10) ) *0.0061*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+11) -
* (Fy+POSICION+10) ) *0.79+* (Fy+POSICION+10) ) *0.0061*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+11) -
* (Fz+POSICION+10) ) *0.79+* (Fz+POSICION+10) ) *0.0061*d_porcentaje;
//musloD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+16) -
* (Fx+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fx+POSICION+17) ) *0.1416*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+16) -
* (Fy+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fy+POSICION+17) ) *0.1416*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+16) -
* (Fz+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fz+POSICION+17) ) *0.1416*d_porcentaje;
//musloI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+20) -
* (Fx+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fx+POSICION+18) ) *0.1416*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+20) -
* (Fy+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fy+POSICION+18) ) *0.1416*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+20) -
* (Fz+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fz+POSICION+18) ) *0.1416*d_porcentaje;
//piernaD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+15) -
* (Fx+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fx+POSICION+16) ) *0.0433*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+15) -
* (Fy+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fy+POSICION+16) ) *0.0433*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+15) -
* (Fz+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fz+POSICION+16) ) *0.0433*d_porcentaje;
```

```

//piernaI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+21) -
* (Fx+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fx+POSICION+20) ) *0.0433*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+21) -
* (Fy+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fy+POSICION+20) ) *0.0433*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+21) -
* (Fz+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fz+POSICION+20) ) *0.0433*d_porcentaje;
//pieD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+12) -
* (Fx+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fx+POSICION+14) ) *0.0137*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+12) -
* (Fy+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fy+POSICION+14) ) *0.0137*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+12) -
* (Fz+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fz+POSICION+14) ) *0.0137*d_porcentaje;
//pieI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+24) -
* (Fx+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fx+POSICION+22) ) *0.0137*d_porcentaje;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+24) -
* (Fy+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fy+POSICION+22) ) *0.0137*d_porcentaje;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+24) -
* (Fz+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fz+POSICION+22) ) *0.0137*d_porcentaje;
j=1;
//cabeza
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+1) -
* (Fx+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fx+POSICION+0) ) *0.0694*(1-
d_porcentaje);
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+1) -
* (Fy+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fy+POSICION+0) ) *0.0694*(1-
d_porcentaje);
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+1) -
* (Fz+POSICION+0) ) *0.5976+* (Fz+POSICION+0) ) *0.0694*(1-
d_porcentaje);
//tronco

```

```
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+19) -  
* (Fx+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fx+POSICION+8) ) *0.4346* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+19) -  
* (Fy+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fy+POSICION+8) ) *0.4346* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+19) -  
* (Fz+POSICION+8) ) *0.4486+* (Fz+POSICION+8) ) *0.4346* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
//brazoD
```

```
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+5) -  
* (Fx+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fx+POSICION+6) ) *0.0271* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+5) -  
* (Fy+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fy+POSICION+6) ) *0.0271* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+5) -  
* (Fz+POSICION+6) ) *0.5772+* (Fz+POSICION+6) ) *0.0271* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
//brazoI
```

```
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+9) -  
* (Fx+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fx+POSICION+7) ) *0.0271* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+9) -  
* (Fy+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fy+POSICION+7) ) *0.0271* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+9) -  
* (Fz+POSICION+7) ) *0.5772+* (Fz+POSICION+7) ) *0.0271* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```
//antebrazoD
```

```
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+4) -  
* (Fx+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fx+POSICION+5) ) *0.0162* (1-  
d_porcentaje) ;
```

```

        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+4) -
* (Fy+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fy+POSICION+5) ) *0.0162*(1-
d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+4) -
* (Fz+POSICION+5) ) *0.4574+* (Fz+POSICION+5) ) *0.0162*(1-
d_porcentaje);
        //antebrazoI
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+10) -
* (Fx+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fx+POSICION+9) ) *0.0162*(1-
d_porcentaje);
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+10) -
* (Fy+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fy+POSICION+9) ) *0.0162*(1-
d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+10) -
* (Fz+POSICION+9) ) *0.4574+* (Fz+POSICION+9) ) *0.0162*(1-
d_porcentaje);
        //manoD
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+3) -
* (Fx+POSICION+4) ) *0.79+* (Fx+POSICION+4) ) *0.0061*(1-d_porcentaje);
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+3) -
* (Fy+POSICION+4) ) *0.79+* (Fy+POSICION+4) ) *0.0061*(1-d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+3) -
* (Fz+POSICION+4) ) *0.79+* (Fz+POSICION+4) ) *0.0061*(1-d_porcentaje);
        //manoI
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+11) -
* (Fx+POSICION+10) ) *0.79+* (Fx+POSICION+10) ) *0.0061*(1-
d_porcentaje);
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+11) -
* (Fy+POSICION+10) ) *0.79+* (Fy+POSICION+10) ) *0.0061*(1-
d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+11) -
* (Fz+POSICION+10) ) *0.79+* (Fz+POSICION+10) ) *0.0061*(1-
d_porcentaje);
        //musloD

```

```
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+16) -
* (Fx+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fx+POSICION+17) ) *0.1416* (1-
d_porcentaje) ;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+16) -
* (Fy+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fy+POSICION+17) ) *0.1416* (1-
d_porcentaje) ;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+16) -
* (Fz+POSICION+17) ) *0.4095+* (Fz+POSICION+17) ) *0.1416* (1-
d_porcentaje) ;
//musloI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+20) -
* (Fx+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fx+POSICION+18) ) *0.1416* (1-
d_porcentaje) ;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+20) -
* (Fy+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fy+POSICION+18) ) *0.1416* (1-
d_porcentaje) ;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+20) -
* (Fz+POSICION+18) ) *0.4095+* (Fz+POSICION+18) ) *0.1416* (1-
d_porcentaje) ;
//piernaD
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+15) -
* (Fx+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fx+POSICION+16) ) *0.0433* (1-
d_porcentaje) ;
PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+15) -
* (Fy+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fy+POSICION+16) ) *0.0433* (1-
d_porcentaje) ;
PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+15) -
* (Fz+POSICION+16) ) *0.4459+* (Fz+POSICION+16) ) *0.0433* (1-
d_porcentaje) ;
//piernaI
PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+21) -
* (Fx+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fx+POSICION+20) ) *0.0433* (1-
d_porcentaje) ;
```

```

        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+21) -
* (Fy+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fy+POSICION+20) ) *0.0433* (1-
d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+21) -
* (Fz+POSICION+20) ) *0.4459+* (Fz+POSICION+20) ) *0.0433* (1-
d_porcentaje);
        //pieD
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+12) -
* (Fx+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fx+POSICION+14) ) *0.0137* (1-
d_porcentaje);
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+12) -
* (Fy+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fy+POSICION+14) ) *0.0137* (1-
d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+12) -
* (Fz+POSICION+14) ) *0.4415+* (Fz+POSICION+14) ) *0.0137* (1-
d_porcentaje);
        //pieI
        PCM.x+= ( (* (Fx+POSICION+24) -
* (Fx+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fx+POSICION+22) ) *0.0137* (1-
d_porcentaje);
        PCM.y+= ( (* (Fy+POSICION+24) -
* (Fy+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fy+POSICION+22) ) *0.0137* (1-
d_porcentaje);
        PCM.z+= ( (* (Fz+POSICION+24) -
* (Fz+POSICION+22) ) *0.4415+* (Fz+POSICION+22) ) *0.0137* (1-
d_porcentaje);
    }
}

```

```

double CCdgDoc::CalculaBDS(int j, int h, Punto3D & P1, Punto3D &
P2, Punto3D & P3, Punto3D & P4)
{
    P1.Inicia();
    P2.Inicia();
    P3.Inicia();

```

```
P4.Inicia();
if(d_luchador)
{
    //pie derecho
    if(*(Fz+POSICION+14)<d_MargenZBDS)
    {
        P1.x=*(Fx+POSICION+14);
        P1.y=*(Fy+POSICION+14);
        P1.z=*(Fz+POSICION+14);
    }
    else if(*(Fz+POSICION+13)<d_MargenZBDS)
    {
        P1.x=*(Fx+POSICION+13);
        P1.y=*(Fy+POSICION+13);
        P1.z=*(Fz+POSICION+13);
    }
    else if(*(Fz+POSICION+12)<d_MargenZBDS)
    {
        P1.x=*(Fx+POSICION+12);
        P1.y=*(Fy+POSICION+12);
        P1.z=*(Fz+POSICION+12);
    }
    if(*(Fz+POSICION+12)<d_MargenZBDS)
    {
        P2.x=*(Fx+POSICION+12);
        P2.y=*(Fy+POSICION+12);
        P2.z= *(Fz+POSICION+12);
    }
    else if(*(Fz+POSICION+13)<d_MargenZBDS)
    {
        P2.x=*(Fx+POSICION+13);
        P2.y=*(Fy+POSICION+13);
        P2.z=*(Fz+POSICION+13);
    }
    else if(*(Fz+POSICION+14)<d_MargenZBDS)
```

```
{
    P2.x=*(Fx+POSICION+14);
    P2.y=*(Fy+POSICION+14);
    P2.z=*(Fz+POSICION+14);
}
//pie izquierdo
if (*(Fz+POSICION+22) < d_MargenZBDS)
{
    P4.x=*(Fx+POSICION+22);
    P4.y=*(Fy+POSICION+22);
    P4.z=*(Fz+POSICION+22);
}
else if (*(Fz+POSICION+23) < d_MargenZBDS)
{
    P4.x=*(Fx+POSICION+23);
    P4.y=*(Fy+POSICION+23);
    P4.z=*(Fz+POSICION+23);
}
else if (*(Fz+POSICION+24) < d_MargenZBDS)
{
    P4.x=*(Fx+POSICION+24);
    P4.y=*(Fy+POSICION+24);
    P4.z=*(Fz+POSICION+24);
}
if (*(Fz+POSICION+24) < d_MargenZBDS)
{
    P3.x=*(Fx+POSICION+24);
    P3.y=*(Fy+POSICION+24);
    P3.z=*(Fz+POSICION+24);
}
else if (*(Fz+POSICION+23) < d_MargenZBDS)
{
    P3.x=*(Fx+POSICION+23);
    P3.y=*(Fy+POSICION+23);
    P3.z=*(Fz+POSICION+23);
}
```

```
    }
    else if (*(Fz+POSICION+22) < d_MargenZBDS)
    {
        P3.x = *(Fx+POSICION+22);
        P3.y = *(Fy+POSICION+22);
        P3.z = *(Fz+POSICION+22);
    }
}
//CALCULA
double base, pendiente, altura1, altura2;
//Caso 1: hay 4 apoyos -> área total
if (P1.x != P2.x && P3.x != P4.x)
{
    pendiente = (P3.y - P1.y) / (P3.x - P1.x);
    base = sqrt(pow(P1.x - P3.x, 2) + pow(P1.y - P3.y, 2));
    altura1 = ABS(P2.y + pendiente * P1.x - P1.y - pendiente * P2.x) /
        sqrt(pow(pendiente, 2) + 1);
    altura2 = ABS(P4.y + pendiente * P1.x - P1.y - pendiente * P4.x) /
        sqrt(pow(pendiente, 2) + 1);
    return base * (altura1 + altura2) / 2;
    //return 1.0;
}
//Caso 2: pie derecho entero
else if (P3.x == P4.x && P3.y == P4.y && P1.x != P2.x)
{
    //Caso 2.1: apoya el izquierdo en un punto -> triángulo
    if (P3.x != 0.0)
    {
        pendiente = (P3.y - P1.y) / (P3.x - P1.x);
        base = sqrt(pow(P1.x - P3.x, 2) + pow(P1.y - P3.y, 2));
        altura1 = ABS(P2.y + pendiente * P1.x - P1.y - pendiente *
            P2.x) / sqrt(pow(pendiente, 2) + 1);
        return base * altura1 / 2;
    }
    //Caso 2.2: no apoya el pie izquierdo
```

```
else if (P3.y==0.0)
{
    base=sqrt (pow (P1.x-P2.x,2)+pow (P1.y-P2.y,2));
    return base;
}
return -1.0;
}

//Caso 3: pie izquierdo entero
else if (P1.x==P2.x && P1.y==P2.y && P3.x!=P4.x)
{
    //Caso 3.1: apoya el derecho en un punto->triángulo
    if (P1.x!=0.0)
    {
        pendiente=(P4.y-P1.y)/(P4.x-P1.x);
        base=sqrt (pow (P1.x-P4.x,2)+pow (P1.y-P4.y,2));
        altura1=ABS (P3.y+pendiente*P1.x-P1.y-pendiente*
                    P3.x)/sqrt (pow (pendiente,2)+1);
        return base*altura1/2;
    }
    //Caso 3.2: no apoya el pie derecho
    else
    {
        base=sqrt (pow (P3.x-P4.x,2)+pow (P3.y-P4.y,2));
        return base;
    }
    return -1.0;
}

//Caso 4: varios->los 2 puntos de cada pie son iguales
else if (P1.x==P2.x && P1.y==P2.y && P3.x==P4.x && P3.y==P4.y)
{
    //Caso 4.1: 2 puntos apoyados->una línea
    if (P1.x!=0.0 && P3.x!=0.0)
    {
```

```
        base=sqrt(pow(P1.x-P4.x,2)+pow(P1.y-P4.y,2));
        return base;
    }
    //Caso 4.2: sólo un punto apoyado->derecho
    if(P1.x!=0.0 && P3.x==0.0 && P3.y==0.0)
    {
        return -1;
    }
    //Caso 4.3: sólo un punto apoyado->izquierdo
    else if(P3.x!=0.0 && P1.x==0.0 && P1.y==0.0)
    {
        return -1;
    }
    //Caso 4.4: 2 puntos en el aire
    else if(P1.x==0.0 && P1.y==0.0 && P3.x==0.0 &&
            P3.y==0.0)
    {
        return 0.0;
    }
    return 4.5;
} //fin Caso 4
return -1.0;
}

void CCdgDoc::CalculaANG_CAIDA(int j, int foto, double & ang1,
double & ang2, double & ang3, double & ang4)
{
    double pi = 3.1415926535;
    double pendiente, distancia;
    Punto3D P1, P2, P3, P4;    //puntos de las esquinas de BDS
    Punto3D PCM;                //punto del centro de gravedad

    ang1=ang2=ang3=ang4=0.0;
    CalculaCM(j, foto, PCM);
    CalculaBDS(j, foto, P1, P2, P3, P4);
```

```

//Caso 1: hay 4 apoyos-> área total
if (P1.x!=P2.x && P3.x!=P4.x)
{
    //PRIMER ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P1.y-P2.y)/(P1.x-P2.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P1.x-P1.y-pendiente*
        PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang1=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
    //SEGUNDO ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P2.y-P3.y)/(P2.x-P3.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P2.x-P2.y-pendiente*
        PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang2=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
    //TERCER ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P3.y-P4.y)/(P3.x-P4.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P3.x-P3.y-pendiente*
        PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang3=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
    //CUARTO ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P4.y-P1.y)/(P4.x-P1.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P4.x-P4.y-pendiente*
        PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang4=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
}
//Caso 2: pie derecho entero
else if (P3.x==P4.x && P3.y==P4.y && P1.x!=P2.x)
{
    //Caso 2.1: apoya el izquierdo en un punto->triángulo
    if (P3.x!=0.0)
    {
        //PRIMER ÁNGULO////////////////////////////////////
        pendiente=(P1.y-P2.y)/(P1.x-P2.x);
        distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P1.x-P1.y-pendiente*
            PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    }
}

```

```
    ang1=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;

    //SEGUNDO ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P2.y-P3.y)/(P2.x-P3.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P2.x-P2.y-pendiente*
                  PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang2=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
    //CUARTO ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P4.y-P1.y)/(P4.x-P1.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P4.x-P4.y-pendiente*
                  PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang4=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
}
//Caso 2.2: no apoya el pie izquierdo
else if(P3.y==0.0)
{
    //PRIMER ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P1.y-P2.y)/(P1.x-P2.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P1.x-P1.y-pendiente*
                  PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang1=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
}
else{
}
}
//Caso 3: pie izquierdo entero
else if(P1.x==P2.x && P1.y==P2.y && P3.x!=P4.x)
{
    //Caso 3.1: apoya el derecho en un punto->triángulo
    if(P1.x!=0.0)
    {
        //SEGUNDO ÁNGULO////////////////////////////////////
        pendiente=(P2.y-P3.y)/(P2.x-P3.x);
        distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P2.x-P2.y-pendiente*
                      PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
```

```

ang2=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
//TERCER ÁNGULO////////////////////////////////////
pendiente=(P3.y-P4.y)/(P3.x-P4.x);
distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P3.x-P3.y-pendiente*
              PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
ang3=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
//CUARTO ÁNGULO////////////////////////////////////
pendiente=(P4.y-P1.y)/(P4.x-P1.x);
distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P4.x-P4.y-pendiente*
              PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
ang4=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
}
//Caso 3.2: no apoya el pie derecho
else if(P1.x==0.0 && P1.y==0.0)
{
    //TERCER ÁNGULO////////////////////////////////////
    pendiente=(P3.y-P4.y)/(P3.x-P4.x);
    distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P3.x-P3.y-pendiente*
                  PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
    ang3=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
}
else{
}
}
//Caso 4: varios->los 2 puntos de cada pie son iguales
else if(P1.x==P2.x && P1.y==P2.y && P3.x==P4.x && P3.y==P4.y)
{
    //Caso 4.1: 2 puntos apoyados->una línea
    if(P1.x!=0.0 && P3.x!=0.0)
    {
        //SEGUNDO ÁNGULO////////////////////////////////////
        pendiente=(P2.y-P3.y)/(P2.x-P3.x);
        distancia=ABS(PCM.y+pendiente*P2.x-P2.y-pendiente*
                      PCM.x)/sqrt(pow(pendiente,2)+1);
        ang2=atan(distancia/PCM.z)*180/pi;
    }
}

```

```
    }
    //Caso 4.2: sólo un punto apoyado->derecho
    else if(P1.x!=0.0 && P3.x==0.0 && P3.y==0.0)
    {
    }
    //Caso 4.3: sólo un punto apoyado->izquierdo
    else if(P3.x!=0.0 && P1.x==0.0 && P1.y==0.0)
    {
    }
    //Caso 4.4: 2 puntos en el aire
    else if(P1.x==0.0 && P1.y==0.0 && P3.x==0.0 &&
           P3.y==0.0)
    {
    }
    else{
    }
} //fin Caso 4
else{
    dc.TextOut(10,5+20*j,"No concuerda con ningún caso");
}
}
```