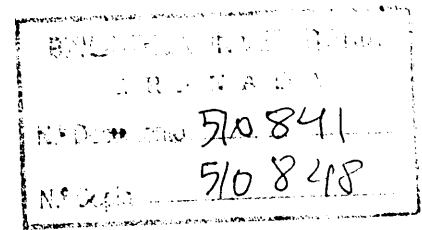


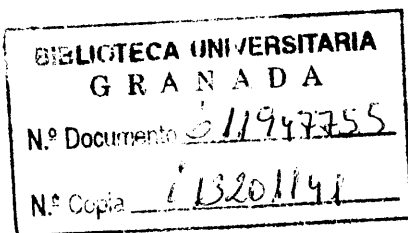
UNIVERSIDAD DE GRANADA



Departamento de Educación Física y Deportiva



**EFFECTO DE LA OPOSICIÓN SOBRE LOS FACTORES  
BIOMECÁNICOS DEL LANZAMIENTO EN SALTO TRAS  
CARRERA PREVIA EN BALONCESTO**



**TESIS DOCTORAL**

**Francisco Javier Rojas Ruiz**

**DIRECTORES:**

**Marcos Gutiérrez Dávila y Antonio Oña Sicilia**

1997



## INFORME DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Dr. Marcos Gutiérrez Dávila, Profesor Titular de Biomecánica del Movimiento Humano, y el Dr. Antonio Oña Sicilia, Profesor Titular de Control, Aprendizaje y Desarrollo Motor, ambos de la Universidad de Granada y Directores de la Tesis: “Efecto de la oposición sobre los factores biomecánicos del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto”, de la que es autor D. Francisco Javier Rojas Ruiz.

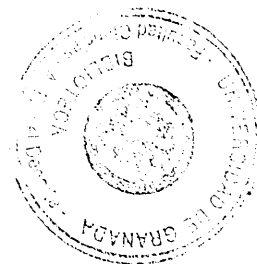
**AUTORIZAN** la presentación de la referida Tesis para su defensa y mantenimiento de acuerdo con lo previsto en el real decreto 185/1985 del 23 de Enero.

**INFORMANDO** que la presente Tesis Doctoral ha sido realizada por el doctorando Francisco Javier Rojas Ruiz en el laboratorio de Análisis del Movimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada, y que cumple los requisitos necesarios de calidad y originalidad para su defensa.

Y para que conste, expedimos el presente en Granada a 7 de Mayo de 1997.

Fdo.:Dr. Marcos Gutiérrez Dávila

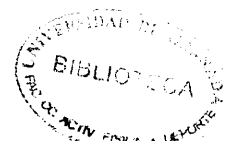
Fdo.:Dr. Antonio Oña Sicilia



*A mis padres, por su constancia y paciencia en mi formación.*

*A mis hermanos, por su inmensa ayuda y predisposición.*

*A Mar, porque con su sonrisa y confianza en mí, hace que todo sea posible.*



Han sido muchas las personas que de una manera u otra han contribuido a la realización de esta tesis, y a las cuales quiero mostrar mi más sincero agradecimiento:

*En principio a mis dos directores de tesis, a Marcos Gutiérrez, no sólo por su estrecha y eficaz colaboración así como su total entrega al trabajo, sin la cual la elaboración de esta tesis hubiera sido casi imposible, sino también por iniciarme en el campo de la investigación en el cual constantemente me ha orientado. A Antonio Oña quiero agradecerle su inmejorable predisposición en todo momento, sus correcciones, y la información y gran ayuda facilitada en el área del control motor.*

*También de una manera especial quiero expresar mi gratitud a mis compañeros de "a diario"; a Victor, por su enorme sentido del compañerismo, además de la paciencia y siempre desinteresada ayuda. A Juan, compañero de mesa y "ordenata", por todas sus aportaciones informáticas que me han simplificado enormemente el trabajo. Y sobre todo, al "duro" trabajo que junto con Marcos, y como una piña pese a su dificultad, hemos desarrollado los viernes a partir de las 2 pm.*

*A Aurelio, por su estrecha colaboración en las grabaciones realizadas a los sujetos.*

*Además quiero añadir a Manolo, Gracia y Antonio Linares, por hacerme más amenas las interminables horas de laboratorio y demostrarme constantemente su apoyo, todos ellos han creado un ambiente de trabajo y espíritu de compañerismo difícil de mejorar.*

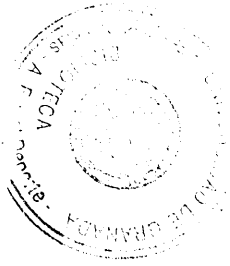
*A todos los integrantes del Departamento de Educación Física tanto personal docente como administrativo, quiero agradecerles el afecto y la amabilidad con que siempre me han atendido y su inmejorable predisposición hacia mí, en todos estos años de convivencia.*

*Al C.B. Granada por su comprensión y facilidades para la realización de la tesis. A los jugadores que tan amablemente colaboraron.*

*A Francisco Barranco, por facilitarme el uso del Palacio de los Deportes en los días de las grabaciones.*

*A mi hermano Nacho, por sus consejos e inestimable ayuda en todos los ámbitos.*

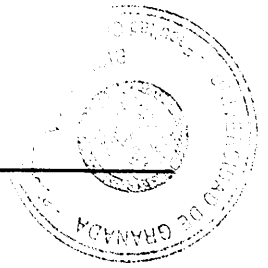
*A mis amigos, por su ayuda moral y por estar seguros de que las horas no compartidas han sido bien invertidas.*



Trabajo subvencionado por el consejo Superior de Deportes (C.N.I.C.D.),  
dentro del programa de subvenciones a universidades, en el apartado  
para ayudas a proyectos de tesis doctorales, Proyecto 19/UNI21/97.

## ÍNDICE

---



<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1.- Presentación	2
1.2.- Planteamiento del problema	5
1.2.1.- Antecedentes de los estudios de la variabilidad del movimiento	5
1.2.2.- Justificación del gesto estudiado	8
1.2.3.- Clasificación de los lanzamientos a través de los patrones de movimientos	14
1.2.4.- Antecedentes de los estudios del lanzamiento a canasta	20
1.3.- Importancia de la interdisciplinariedad del estudio	39
1.4.- Factores comportamentales de estudio	42
1.4.1.- El sujeto como procesador de la información	42
1.4.2.- El programa motor del lanzamiento a canasta	48
1.5.- Factores biomecánicos de estudio	53
1.5.1.- Perspectiva científica de la biomecánica aplicada al lanzamiento a canasta	53
1.5.2.- Criterios de eficacia biomecánicos en el lanzamiento a canasta	56
1.6.- Objetivos	79
<b>2.- MÉTODO</b>	<b>80</b>
2.1.- Características generales del método	81
2.2.- Sujetos de estudio	86
2.2.1.- Muestra seleccionada para la primera actuación de investigación	86
2.2.2.- Muestra seleccionada para la segunda actuación de investigación	86
2.2.3.- Muestra seleccionada para la tercera actuación de investigación	87
2.2.4.- Muestra seleccionada para la cuarta actuación de investigación	87

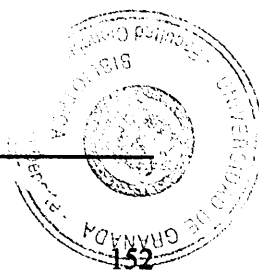
## *ÍNDICE*

---

2.3.- Diseño experimental	90
2.3.1.- Características generales del diseño	90
2.3.2.- Diseño experimental para la primera actuación de investigación	91
2.3.3.- Diseño experimental para la segunda actuación de investigación	91
2.3.4.- Diseño experimental para la tercera y cuarta actuación de investigación	94
2.4.- Técnicas instrumentales y material utilizado	94
2.4.1. - Técnicas instrumentales de registro	96
2.4.1.1.- Filmación	96
2.4.1.2.- Sistema de referencia	100
2.4.2.- Técnicas instrumentales para la captación y tratamiento de los datos	102
2.4.2.1.- Digitalización	102
2.4.2.2.- Suavizado, interpolación y sincronización	108
2.4.2.3.- Reconstrucción tridimensional de las coordenadas	109
2.4.2.4.- Generación de resultados	109
2.4.3.- Material utilizado	117
2.5.- Procedimiento	117
2.6.- Selección, definición y cálculo de las variables dependientes	124
2.6.1.- Variables de producto	125
2.6.1.1.- Ángulo de salida del balón	125
2.6.1.2.- Velocidad de salida del balón	126
2.6.1.3.- Altura de salida del balón	126
2.6.2.- Variables de proceso	129
2.6.2.1.- Variables temporales	129
2.6.2.2.- Variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas	130
2.6.2.3.- Variables relativas a las velocidades desarrolladas	135
2.6.2.4.- Variable relativa a la evolución de la energía cinética y velocidad angular segmentaria	137
1.- Proceso de cálculo de la energía cinética	138
1.1. - Definición del modelo para el cálculo de la energía cinética	138
1.2.- Descripción del proceso de cálculo	140



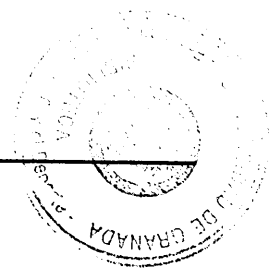
## ÍNDICE



<b>3.- RESULTADOS</b>	<b>152</b>
3.1.- Resultados de la primera actuación de investigación	153
3.2.- Resultados de la segunda actuación de investigación	163
3.3.- Resultados de la tercera actuación de investigación	177
3.3.1.- Variables de producto	177
3.3.2.- Variables de proceso	179
3.3.3.- Análisis de la cadena cinética	183
3.4.- Resultados de la cuarta actuación de investigación	192
3.4.1.- Variables de producto	192
3.4.2.- Variables de proceso	194
3.4.3.- Análisis de la cadena cinética	199
<b>4.- DISCUSIÓN</b>	<b>208</b>
4.1.- Primera actuación de investigación	209
4.2.- Segunda actuación de investigación	217
4.3.- Tercera y cuarta actuaciones de investigación	222
4.3.1.- Variables de producto	222
4.3.2.- Variables de proceso	224
4.3.3.- Aspectos relacionados con el control motor durante el lanzamiento	228
4.3.4.- Cadena cinética del lanzamiento en salto tras carrera previa	231
<b>5.- CONCLUSIONES</b>	<b>234</b>
<b>6.- BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>240</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>259</b>



# **1.- Introducción**



## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- Presentación**

El presente estudio parte de una doble perspectiva de análisis, constituida por la psicología y la física, materializadas en el campo de la motricidad por una doble vertiente de estudio, por un lado el *comportamiento motor*, que analiza los procesos cognitivos que intervienen en la ejecución de nuestro gesto objeto de estudio, el lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto bajo dos contextos diferentes, sin y con oposición, y por otro lado la *biomecánica*, valorando la evolución de los factores mecánicos en ambas situaciones y analizando los parámetros de eficacia de este lanzamiento.

Desde esta doble perspectiva de trabajo se trata de valorar, por una parte los factores biomecánicos intervinientes en el lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto, ante la presencia o ausencia de un oponente, con la finalidad de conocer los parámetros de eficacia de este gesto, y desde la perspectiva del control motor, considerando al sujeto como un organismo procesador de la información, el cual se adapta continuamente a las exigencias del medio, intentando analizar las invariantes y variantes que definen la adaptabilidad del esquema motor a dos situaciones contextuales determinadas por la presencia de un oponente. La identificación y valoración de estos factores biomecánicos en ambos contextos, aportará algunas de las características que determinan la ejecución y el aprendizaje de este gesto desde el punto de vista de la biomecánica y el comportamiento motor.

También la biomecánica, en este estudio, ha adquirido una doble vertiente; por un lado es un fin en si misma, al pretender valorar la interrelación entre los parámetros biomecánicos, y por otro es un medio a través del cual se puede evaluar la respuesta emitida por el sujeto ante las dos situaciones contextuales diferentes.

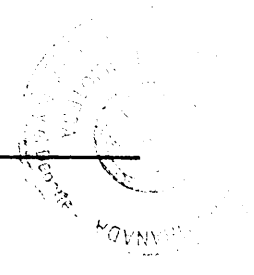
El aspecto formal del presente trabajo, se ha organizado mediante seis apartados, siguiendo la estructura propia del informe científico, y adaptándonos a las normas de la Asociación de Psicólogos Americanos (A.P.A.). El primer apartado se ha dedicado a la parte introductoria donde se exponen los antecedentes y objetivos que se pretenden obtener con este estudio. Posteriormente, en el segundo, se desarrolla la metodología utilizada en la ejecución de este trabajo, exponiéndose en el tercer capítulo, los resultados obtenidos, para a continuación, discutirlos en el cuarto apartado dentro del contexto científico y en el quinto capítulo, obtener las conclusiones relativas a los objetivos planteados. Finalmente, en el sexto apartado, se citan las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de todos los anteriores.

Al estructurar la introducción, se presenta en primer lugar, una exposición de los antecedentes de los estudios situados en la línea general de investigación y especialmente, sobre la variabilidad motora. Después de analizar la importancia del objeto de estudio, y ubicando el gesto dentro de los patrones de movimiento, nos centraremos en los antecedentes relativos al análisis biomecánico del lanzamiento en salto, describiendo el gesto y mostrando las conclusiones de algunos investigadores relevantes sobre los factores de eficacia del lanzamiento.

Tras el análisis del gesto, justificamos la importancia de la interdisciplinariedad del estudio, desarrollando el lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto, atendiendo a los factores comportamentales y a los parámetros biomecánicos que se desarrollan en su ejecución.

En cuanto a la metodología, se detallan las características de las condiciones en las que se ha llevado a cabo nuestro estudio, haciendo mención a la muestra, diseño, y control experimental empleados, así como al proceso de obtención de los datos.

Los resultados, al margen del tratamiento estadístico, se desarrollan mediante una exposición tanto de figuras como en tablas y finalmente, la discusión valora e interrelaciona los resultados obtenidos con las referencias bibliográficas anteriores sobre el mismo tema y recogiendo de ahí, las conclusiones consideradas como fin primordial de esta memoria.



## **1.2.- Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Antecedentes de estudios sobre la variabilidad del movimiento deportivo**

El estudio de la variabilidad del movimiento a través de medidas repetidas, ha sido una línea de investigación poco estudiada en el campo de la biomecánica deportiva, y tratada con cierta profundidad en el ámbito del control motor. En la mayoría de las investigaciones, donde se pretende estudiar desde el punto de vista biomecánico el gesto deportivo, se selecciona el mejor intento, el cual se determina por el rendimiento obtenido en términos de distancia o altura alcanzada del lanzamiento, descartándose la posibilidad de intravariabilidad entre ensayos. Sin embargo, este aspecto de variabilidad no debe ser del todo olvidado en gestos como el lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto, donde las condiciones contextuales de su aplicación se modifican constantemente durante la competición.

Algunos investigadores de las áreas del aprendizaje y control motor han valorado la variabilidad inter e intraindividual, como el estudio de la consistencia en la medida de sucesivos ensayos de un individuo (Marteniuk, 1974), valorando la respuesta en conceptos de precisión del rendimiento desde el punto de vista temporal o espacial. Las conductas analizadas han sido típicamente restrictivas, como los estudios de Viviani y Terzuolo (1980) que investigan la intravariabilidad en la escritura, o Kramer et al. (1981) que emplean un movimiento de flexión de los dedos de la mano, obviando los gestos complejos que implican movimientos corporales globales (Phillips, 1985). Sin embargo Schmidt (1988), apuntó la necesidad de analizar las invariantes y variantes del movimiento conceptualizado de forma global, valorando los movimientos segmentarios involucrados en la

conducta motriz global, en esta línea se sitúan autores como, Pike (1983) y Phillips (1985) en sus estudios sobre la variabilidad en golpes de fútbol, Shapiro et al. (1981) investigaron la variabilidad en la tasa motora de la marcha y la carrera y Southard (1989), Schmidt et al. (1992), Wrisberg y Pein (1992), Southard y Miracle (1993) refirieron sus estudios a la variabilidad entre los lanzamientos que involucraban varias articulaciones.

Teóricamente y desde una lógica superficial, se podría anticipar que los jugadores de élite, poseen mayor consistencia en el gesto y en la ejecución de sus esquemas motores ante situaciones contextuales idénticas, que jugadores de peor nivel. Desde un punto de vista del control motor, se argumenta que la invariabilidad de la tasa motora refleja una alta sofisticación en la ejecución del programa motor, donde la relación entre fuerza y tiempo de las contracciones musculares están extremadamente precisadas en toda la secuencia del gesto siempre que se mantengan las mismas condiciones ambientales (Pedotti et al., 1983; Phillips, 1985 y Ferrario et al., 1993).

Por otro lado, la variabilidad en algunos parámetros biomecánicos y la invariabilidad en otros, podría proporcionar un indicio de la adaptabilidad del sistema neuromuscular a las variaciones producidas en los factores ambientales, dada por las interrelaciones entre las variables biomecánicas (Schmidt, 1988).

En el lanzamiento en baloncesto, numerosos estudios han tratado de identificar las diferencias biomecánicas entre los sujetos (Hudson, 1982; Ryan y Holt, 1989; Tsarouchas et al., 1990; Satern y Keller-McNulty, 1992; Miller y Bartlett, 1996), aunque estos investigadores sólo han analizado entre uno y cuatro lanzamientos por sujeto, por ello ninguno de estos estudios aporta datos de la intravariabilidad de la tasa motora de cada individuo. Newell y Corgos (1993)

dentro del área del control motor y en función de los grados de libertad de un esquema motor, establecieron la posibilidad de variabilidad entre las respuestas motoras de la misma tarea en sucesivos ensayos. En sus estudios sobre la variabilidad de la tasa motora entre ensayos de un mismo sujeto, han apuntado la necesidad de analizar un mínimo de tres ensayos para establecer la línea base de los parámetros temporales y mecánicos de la ejecución del gesto deportivo. En este sentido, Kaelin et al. (1985), analizando veinte ensayos del ángulo de pronación del pie, en el momento de contacto con el suelo en la carrera, demostraron que la variabilidad entre ensayos era mínima, de estos veinte ensayos, sólo tres de ellos se dispersaron más de un 5% de la media de los ensayos. Corroborando este estudio, Phillips (1985), en un estudio sobre la variabilidad del golpeo de fútbol en jugadores de élite, obtuvo una variabilidad inferior al 5% en todos los parámetros mecánicos analizados en los tres ensayos que realizó cada sujeto de este gesto deportivo en las mismas condiciones contextuales.

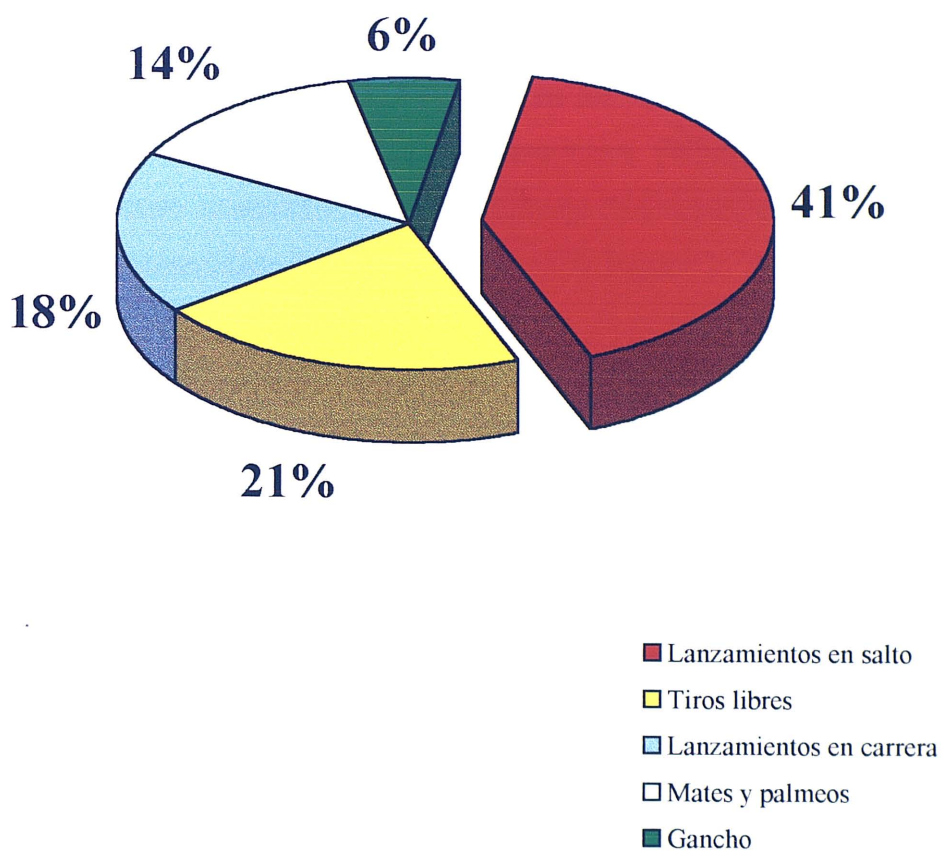
También en relación a la variabilidad del gesto, Vaugh y Kozar (1993) estudiaron tanto la intravariabilidad entre ensayos del mismo sujeto como la intervariabilidad entre diversos sujetos en los lanzamientos de tiros libres en baloncesto, obteniendo una mayor intervariabilidad en las medidas de las variables cinemáticas analizadas. Las mayores diferencias entre los deportistas analizados en este estudio estuvieron en los recorridos articulares, medidos en forma de rangos de desplazamiento de los ángulos del hombro y rodilla, valorados desde que el jugador comienza a elevar el balón, tras cogerlo con ambas manos, hasta que éste sale de sus manos en dirección a la canasta, mientras que las mayores diferencias intrasujetos se reflejaron en los rangos de desplazamiento de los ángulos de la muñeca, codo y hombro del brazo de lanzamiento, medidos de igual forma.



Por otro lado, y según Sáenz e Ibáñez (1995), la variabilidad en la práctica del lanzamiento a canasta puede deberse a la modificación de los siguientes factores: acción del brazo (estándar, gancho, bandeja), acción técnica previa (bote, recepción, finta, parada), acción anterior de las piernas (parado o en carrera), acción final de las piernas (sin o con salto), orientación corporal, dirección del balón, distancia del lanzamiento y oposición. En este estudio se ha pretendido que la variabilidad en la práctica esté sólo determinada por el factor oposición, puesto que las demás variables están controladas por el protocolo que se ha utilizado, aunque somos conscientes de la dificultad que existe cuando se pretende simular la realidad y controlar los factores que pueden afectar a la variabilidad en la práctica.

### **1.2.2. Justificación del gesto estudiado**

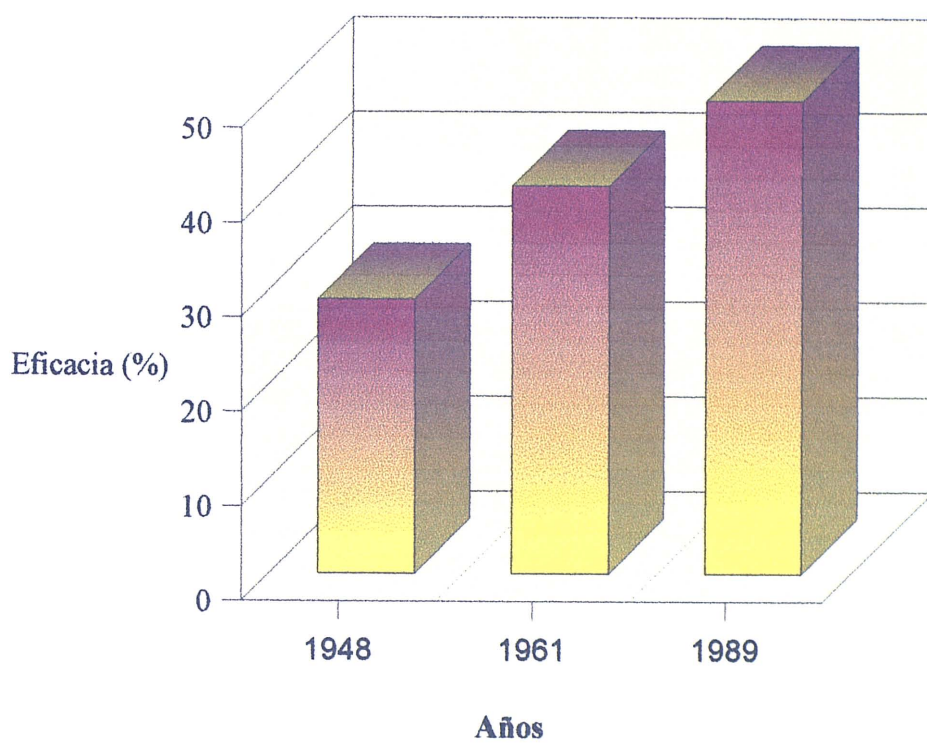
El lanzamiento se considera el medio más importante del baloncesto ya que en la fase de ataque se puede prescindir de sistemas de juego, pero nunca de la capacidad de cada jugador para el lanzamiento (Primo, 1986). Según Ladner (1985) y Hay (1994) el lanzamiento es el gesto técnico más usual en la práctica de este deporte y mediante el cual se consigue el objetivo final del juego. Dentro de los lanzamientos, el modelo ejecutado en salto se distingue como el más importante (Hess, 1980). Además Miller y Bartlett (1994) y la Asociación de Clubs de Baloncesto (A.C.B., 1997), lo consideran como el más utilizado para conseguir el objetivo del juego, ya que el 41 % de los puntos se consiguen con este medio (Figura 1), identificándose la eficacia del lanzamiento a canasta en baloncesto con la capacidad de rendimiento en este deporte (Diehl et al., 1993).



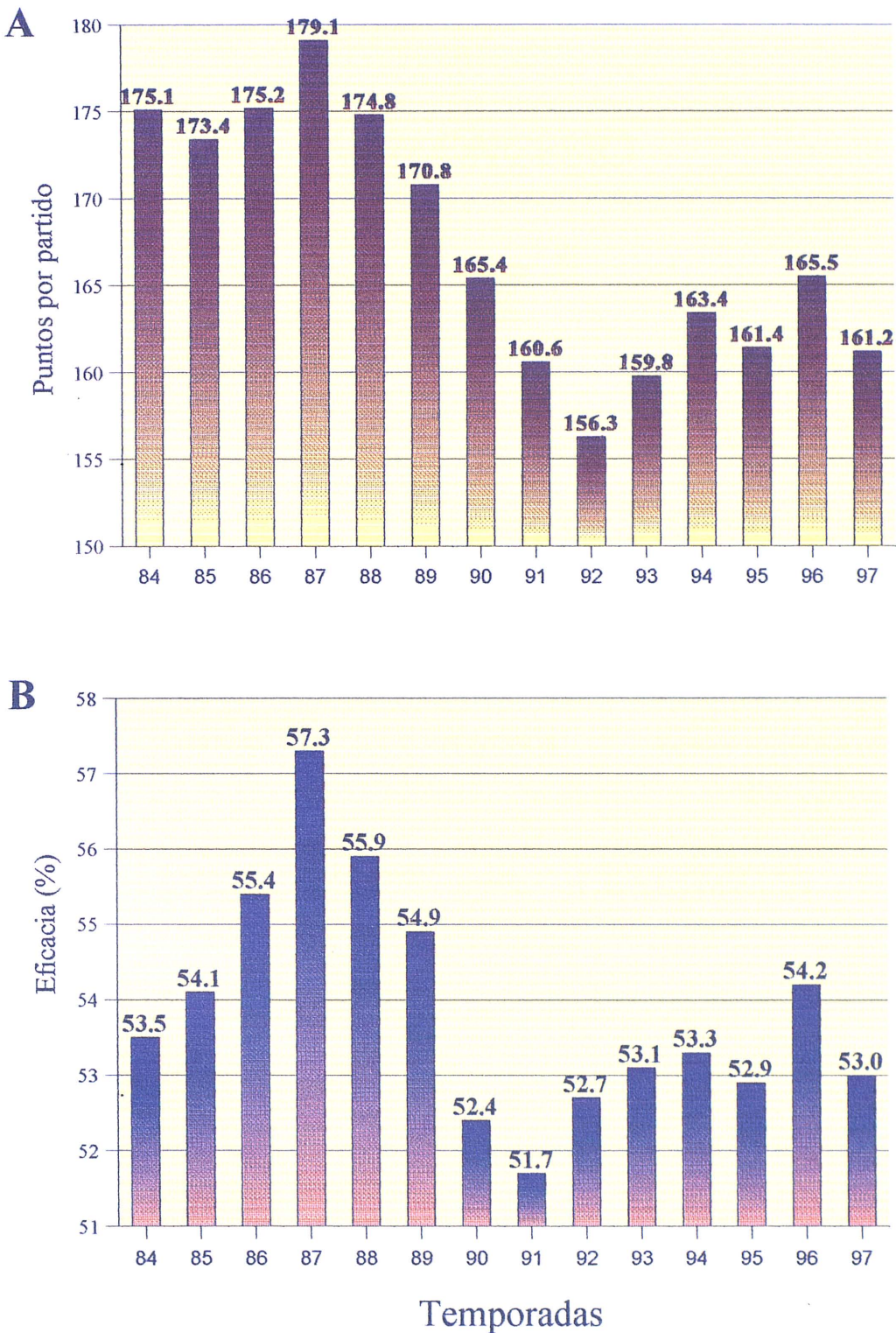
**Figura 1.-** Representación gráfica de los lanzamientos utilizados y el porcentaje de puntos que se consiguen con cada modelo técnico (A.C.B., 1997).

El lanzamiento a canasta se identifica como el gesto básico del baloncesto constituyendo el eslabón final de una serie de enlaces de actos motores, individuales y/o colectivos, destinados a realizarlo en las mejores condiciones posibles (Del Río, 1990). Debido a la gran repercusión que esto conlleva, el lanzamiento es así mismo, el fin técnico-táctico más practicado, siendo el objetivo final del 60-80% de los ejercicios técnicos utilizados en todas las etapas de aprendizaje de este deporte (Pintor, 1997), y el medio técnico que más ha evolucionado, tanto en la ejecución técnica como en la efectividad de los lanzamientos, incrementándose constantemente los porcentajes de efectividad, evolucionando de un 29% a un 41% y 50% en los años en 1948, 1961 y 1989 respectivamente, en liga High School americana (White y Elliot, 1989), aumentándose tanto el número como el porcentaje de acierto de los lanzamientos (Hay, 1994) representándose dicho aumento en la Figura 2. Es posible que esta evolución se haya producido a consecuencia de la antítesis y desarrollo de la dinámica del juego atacante y defensivo, reflejadas a través de sus medios técnico-tácticos individuales y colectivos (Primo, 1986).

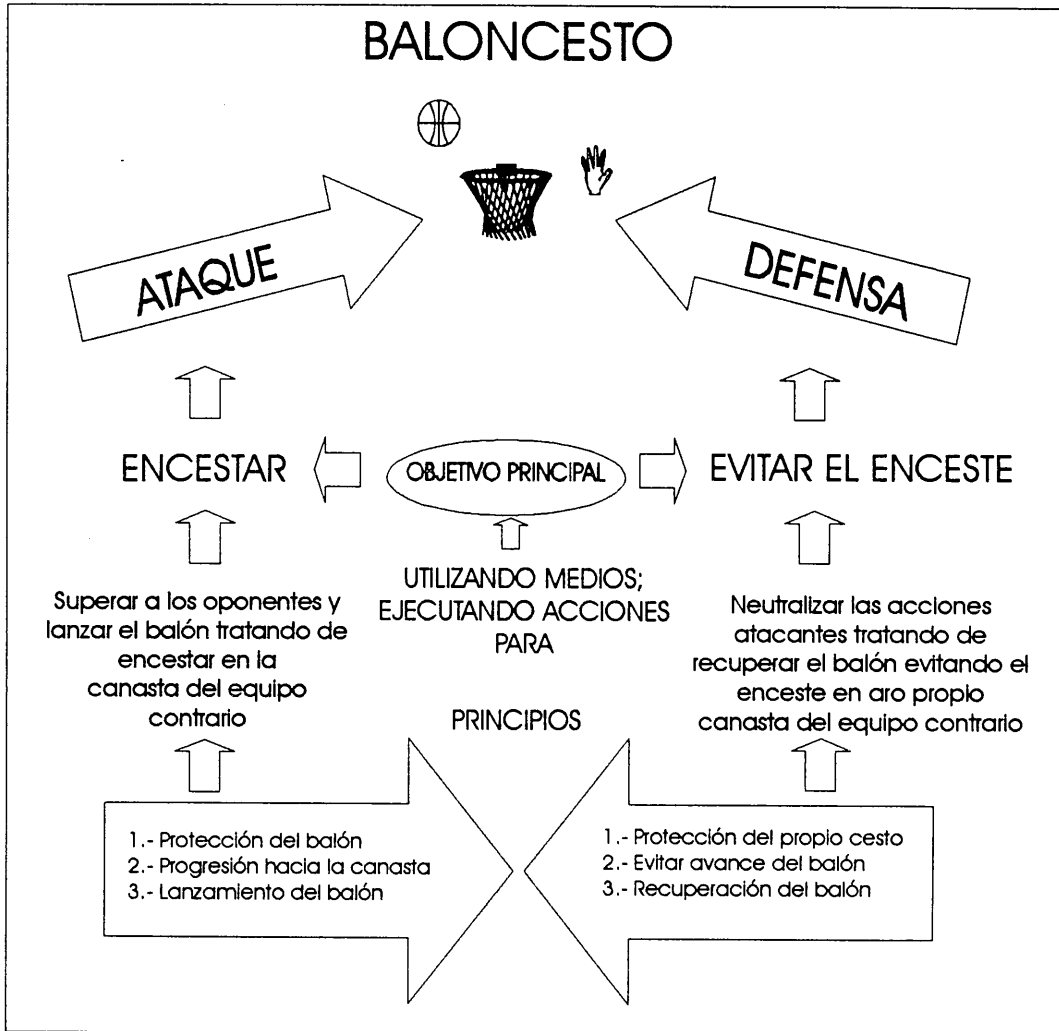
Sin embargo, en los últimos años se puede apreciar una disminución y estancamiento tanto de los puntos conseguidos como de los porcentajes de eficacia en los lanzamientos según se observa en las (Figuras 3 A/B). Según Pintor (1997), se puede deber al desarrollo de la defensa contra el lanzamiento ya que al analizar las fases de ataque-defensa en baloncesto (Figura 4), partiendo de sus principios básicos, se observa que tanto los jugadores atacantes, intentando superar a los oponentes para encestar, como los defensores, orientando sus acciones hacia evitar el posible enceste, desarrollan todos sus movimientos en torno a un mismo objetivo como es el del lanzamiento a canasta.



**Figura 2.-** Evolución de la eficacia porcentual de los lanzamientos a canasta (White y Elliot, 1989).



**Figuras 3 (A/B).**- Representación gráfica de la evolución del número de puntos conseguidos por partido (A) y el porcentaje de los lanzamientos efectuados (B) (A.C.B., 1997).



**Figura 4.-** Esquema representativo del lanzamiento en el deporte del baloncesto, (Pintor, 1997)

### **1.2.3.- Clasificación de los lanzamientos a través de los patrones de movimientos**

El lanzamiento a canasta tras carrera previa debe considerarse como un conjunto de destrezas o habilidades, el cual puede verse identificado dentro de los patrones generales de los lanzamientos y golpes propuestos por Kreighbaum y Barthel (1981), considerando como patrón de movimiento al conjunto de destrezas con desplazamientos segmentarios similares.

El patrón general de lanzamientos y golpes se puede considerar como el segundo más utilizado en destrezas motoras después de la carrera. En dicho patrón se agrupan aquellas destrezas que pretenden alcanzar la máxima velocidad del extremo libre de los segmentos implicados o proyectar un objeto con precisión. En definitiva, las destrezas que se agrupan en el patrón general de lanzamientos y golpes pueden tener uno de los tres objetivos siguientes: a) proyectar un objeto con la máxima velocidad (lanzamiento de peso, jabalina, remate voleibol, etc...), b) proyectar un objeto con precisión hasta un punto determinado (bolos, lanzamiento cercano de baloncesto, golf, etc...) y c) proyectar un objeto que precise para cumplir su objetivo, velocidad y precisión (salida en golf, lanzamiento en baloncesto, balonmano, fútbol, etc...) (Atwater, 1977).

Kreighbaum y Barthel (1981), clasificaron las destrezas agrupándolas en patrones de lanzamiento y golpes (Tabla 1). Según se desprende de la clasificación propuesta, las diferencias que existen entre las distintas destrezas de lanzamientos o golpes reside en la posición que adopta el segmento al que hay que incrementar la velocidad angular (mano baja, laterales, de mano alta), o el hecho de que el golpeo se realice con el pie. En este sentido nuestro interés reside en analizar un lanzamiento de mano alta como es el lanzamiento en baloncesto.

*INTRODUCCIÓN. Planteamiento del problema*

---

Tabla 1.- Clasificación de destrezas propuestas por Kreighbaum y Barthel (1981)

---

MANO BAJA	LATERALES	MANO ALTA	GOLPEOS CON EL PIE
Bolos	Disco	Jabalina	Fútbol
Voleibol	Martillo	Béisbol	Rugby
Bádminton	Voleibol	Voleibol	
Golf	Tenis	Balonmano	
Hockey	Bádminton	Baloncesto	

---

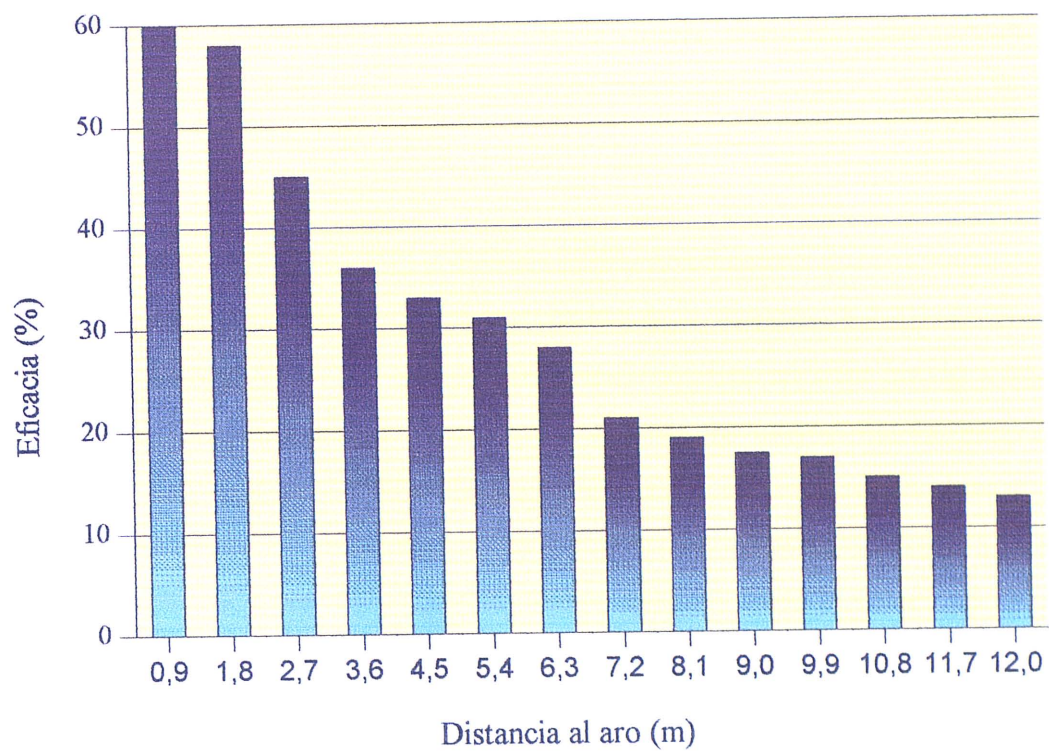


En la ejecución del lanzamiento, se puede considerar al jugador como un sistema de segmentos parciales unidos mutuamente e interrelacionados por medio de articulaciones, formando un sistema móvil denominado cadena cinética (Hochmuth, 1973). En general, se puede decir que el desarrollo temporal de la cadena cinética del lanzamiento a canasta se inicia con un desplazamiento de todos los segmentos coordinados en una cadena cinética de empuje (Alexander, 1990; Walters et al., 1990), que comienza con el movimiento del tronco y continúa con los movimientos de piernas y brazos, culminando con la extensión de la articulación del codo y la flexión de la muñeca (Bobbert y Schenau, 1988).

Según Kreighbaum y Barthel (1981), las cadenas cinéticas pueden ser abiertas, si el segmento distal está libre y no hay que vencer una gran resistencia externa, o pueden ser cerradas, si el segmento distal está fijo o hay que vencer una gran resistencia. En nuestro caso, se considera, según los antecedentes y referencias teóricas, que la cadena cinética del lanzamiento canasta es abierta. Ahora bien, esta cadena cinética, pueden tener objetivos diferentes; uno de ellos puede ser, obtener la máxima velocidad en la mano, proporcionándole al balón una gran velocidad de salida, o puede ser proyectar el balón primando la precisión a un punto determinado. En función de cual sea el objetivo, las características de la cadena cinética son diferentes, en el primer caso existe una secuencia de participación segmentaria, acelerándose progresivamente los segmentos en dirección proximal a distal, por lo que la cadena cinética se denomina de tipo secuencial, en el segundo los segmentos se desplazan de forma simultánea desarrollando una cadena cinética denominada de empuje.

En el lanzamiento a canasta, existe un gran compromiso entre los factores de la velocidad del balón y la precisión que se desea obtener. En lanzamientos de larga distancia, para que la muñeca proporcione al balón una gran velocidad de salida es necesario que exista en los segmentos una transferencia del momento angular (Kreighbaum y Barthel, 1981), solicitando para ello una cadena cinética de tipo secuencial, pero por otro lado, en los lanzamientos de corta y media distancia, donde la velocidad de salida del balón es menor, demandan la ejecución de una cadena cinética de empuje donde prima la precisión. Así pues, este compromiso velocidad-precisión, que va a determinar el tipo de cadena cinética, se solventará en función de la distancia al aro y de las características individuales de cada jugador (Miller y Bartlett, 1996), a mayor distancia, esta cadena será más larga, por lo que necesitará más tiempo para su ejecución (Alexander, 1990), además de tener un incremento en la participación secuencial, ya que la velocidad de salida del balón debe ser superior (Elliot, 1991). Debido a que un lanzamiento lejano demanda una ejecución más precisa, éste tendrá menos variabilidad y deberá estar más automatizado (Springate, 1986 y Walters et al., 1990), como demuestra el hecho de la efectividad y disparidad de lanzamientos cercanos al aro, (Figura 5). En definitiva, en el lanzamiento a canasta en baloncesto, la interacción temporal entre los segmentos no se ha investigado en profundidad, por lo que no se tienen datos suficientes sobre la cadena cinética desarrollada. Según Knudson (1993), uno de los objetivos más importantes, es el estudio de la influencia de las extremidades inferiores y superiores en la trayectoria y dinámica del balón, por lo que será uno de los objetivos prioritarios de este estudio.

Satern (1990) comprobó que jugadores profesionales de ambos sexos utilizaban desplazamientos secuenciales de la articulaciones (modelo secuencial), mientras que jugadores en fase de aprendizaje realizaban desplazamientos simultáneos de sus articulaciones (modelo de empuje). Dichas diferencias pueden



**Figura 5.-** Representación gráfica del porcentaje de eficacia de los lanzamientos a canasta en función de la distancia al aro (adaptado de Hay, 1994).

ser debido a la diferencia de fuerza entre los sujetos (Knudson, 1993).

En el estudio de la cadena cinética, algunas investigaciones analizan los ajustes de jugadores jóvenes a diferentes balones y alturas de la canasta (Juhasz y Wilson, 1982 y Satern et al., 1989), y otras valoran las velocidades lineales de las articulaciones (Elliot y White, 1989; Tsarouchas et al., 1990 y Walters et al., 1990) además, también se han efectuado registros de las velocidades angulares (Satern, 1990 y Satern y Keller-McNulty, 1992). Walters et al. (1990), describieron las acciones articulares de las cadera, hombro, codo y muñeca de lanzamiento, en 4 sujetos, considerándose éstas simultáneas en lanzamientos en salto.

Elliot y White (1989) y Satern (1990), concluyeron que la cadena cinética aumenta la secuencialidad con el incremento de la distancia del lanzamiento, así cuando se lanza desde 4,5 metros, los lanzadores, tras un salto previo y tras una breve pausa, el antebrazo y la muñeca crean la mayor fuerza propulsiva, aumentando la secuencialidad de los movimientos en los mismos sujetos desde lanzamientos de 6 metros, realizándose el lanzamiento antes de llegar a la altura máxima del salto, contribuyendo en mayor medida, sobre la velocidad de salida del balón, la velocidad del centro de gravedad, según la teoría de impulsos parciales (Hochmuth, 1973).

Por otro lado cabe resaltar una diferencia temporal entre jugadores profesionales y jugadores en fase de aprendizaje, los jugadores profesionales lanzan con una gran velocidad de ejecución, que según Pinotti (1992) es la diferencia entre un gran lanzador y un lanzador mediocre: los primeros logran grandes porcentajes de tiro realizándolos a gran velocidad y venciendo así cualquier intento defensivo; los segundos son los que tienen buenos porcentajes

únicamente cuando lanzan sin oposición. Aunque en el estudio de Satern (1990), se ha constatado que los jugadores jóvenes se precipitan en la ejecución del lanzamiento, mientras que los jugadores profesionales emplean el mayor tiempo posible que les permite la presencia de un oponente.

#### **1.2.4. Antecedentes de los estudios de análisis del lanzamiento a canasta.**

En el ámbito de estudio del baloncesto, la investigación en biomecánica se ha centrado en tres grandes bloques, en primer lugar en la descripción de la técnica básica y especialmente en el lanzamiento de tiro libre y en salto (Hartley y Fulton, 1971; Drysdale, 1973; Hayes, 1978; Bishop, 1979; Brancazio, 1981; Hudson, 1982; Fukushima et al., 1985; Hay, 1994; Tsarouchas et al., 1990; Ryan y Holt, 1989; Alexander, 1990; Satern, 1992; Ferrario et al., 1993 y Miller y Bartlett, 1996), en segundo lugar los estudios se han orientado hacia la identificación de factores discriminativos entre grupos de diferente sexo (Gaunt, 1976; Elliot y White, 1989; Satern y Keller-McNulty, 1992 y Lenart y Rzymkowski, 1993), y grupos con diferentes niveles técnicos entre jugadores (Lindeburg y Hewitt, 1964; Penrose y Blanksby, 1976; Gabbard y Shea, 1980; Isaacs y Karpman, 1981; Juhasz y Wilson, 1982; Hudson, 1985a; Hudson, 1985b; Bosc y Grosgeorge, 1985; Satern, 1990; Satern, 1993 y Chase et al., 1994), con el propósito de obtener diferencias significativas entre factores que nos permitan establecer las estrategias de aprendizaje más adecuadas y las adaptaciones necesarias. Un tercer bloque lo forman los estudios que manipulan las variables que intervienen en el lanzamiento como distancia y orientación del lanzamiento, altura de la canasta y tamaño del balón, etc. (Elliot y White, 1989; Walters et al., 1990; Diehl et al., 1993 y Miller y Bartlett, 1996), encuadrándose este estudio en este último apartado.

En general, se puede decir que el lanzamiento a canasta en baloncesto depende principalmente de tres factores interrelacionados. En primer lugar, el factor físico, en donde encontramos la influencia de las variables de capacidad de salto (Vittasalo, 1982) y ejecución del modelo técnico correcto a la máxima velocidad (Pinotti, 1992). En segundo lugar, los factores comportamentales correspondientes a los mecanismos de control motor, y por último, el tercer factor es el denominado técnico-táctico en el que se mencionan los principios de todo lanzamiento: mejor posición, menor oposición, posibilidades del rebote, disposición de balance defensivo, modelo de lanzamiento, ejecución técnica correcta de ese modelo y el estado psicológico óptimo.

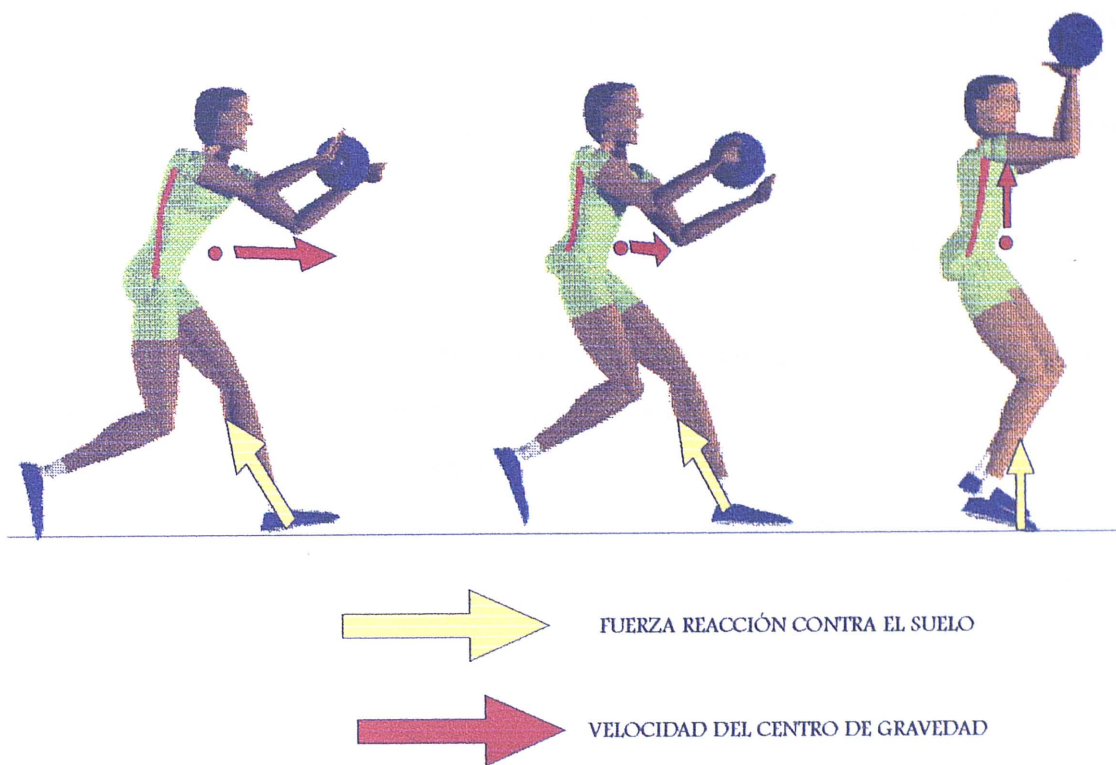
El lanzamiento en salto puede realizarse al final de un desplazamiento en carrera botando el balón, en carrera o desde una posición estática, siendo esencialmente la misma técnica (Hay, 1994). En el lanzamiento tras carrera previa es fundamental una buena parada que permita al jugador mantener la estabilidad necesaria para ejecutar este lanzamiento de precisión, esta parada se caracteriza por mantener el centro de gravedad (CG) sobre la base de sustentación y lo más cercano posible al centro de ésta (Alexander, 1990).

Diversos estudios (Cavanagh y Lafortune, 1980; Roy, 1987; Elliot y White, 1989; White y Elliot, 1989; Miller, 1990 y McClay et al., 1994) midieron las fuerzas de reacción vertical y horizontal con respecto al peso corporal, resultando ser entre 3 y 2,6 del peso corporal para la vertical y entre 0,5 y 0,3 del peso corporal para la horizontal. El primer contacto de la parada, que debe coincidir con la recepción del balón se realiza con un paso largo y la pierna extendida, llevando rápidamente la otra pierna a la posición final de lanzamiento encarando la canasta, y colocando los hombros en dirección al objetivo. En esta posición, donde los pies están colocados por delante del centro de gravedad, se

elimina el desplazamiento hacia delante del tronco (Hay, 1994). Posteriormente, las piernas se flexionan ligeramente para neutralizar las fuerzas de impacto, llevando el cuerpo hacia adelante mientras las caderas se mantienen retrasadas (Alexander, 1990; Baker, 1983 y Wissel, 1994). En la Figura 6, se representan la relación entre las fuerzas de reacción vertical y horizontal y su resultante.

Siguiendo a Hay (1994), Alexander (1990), Diehl et al. (1993), Knudson (1993) y Wissel (1994), en la descripción del lanzamiento en salto tras carrera en baloncesto, se pueden definir las siguientes fases:

- a) **Fase de preparación:** Mediante la cual, el sujeto orienta todos sus segmentos corporales hacia la dirección de la canasta.
  
- b) **Fase de ejecución:** Por la que el sujeto, a partir de un contramovimiento producido en las rodillas, comienza a elevar su centro de gravedad, coordinado con la ascensión del balón aproximadamente hasta la sien del lado del brazo ejecutor.
  
- c) **Fase de salida:** En donde el sujeto con el balón colocado en la sien del brazo ejecutor realiza una flexión del hombro, extensión del codo y flexión de muñeca saliendo el balón en dirección al aro.
  
- d) **Fase de continuación:** Fase del lanzamiento en la que una vez lanzado el balón, el sujeto mantiene extendido el codo y flexionada la muñeca.



**Figura 6.-** Representación gráfica, de las fuerzas de reacción contra el suelo y su influencia sobre la velocidad del centro de gravedad corporal.



En relación a la primera fase, denominada de preparación, Ryan y Holt (1989), Alexander (1990) y Elliot (1991), describen la posición inicial de los segmentos corporales. Con respecto a los pies, observaron una relación directa entre la correcta posición de los mismos y la precisión en el lanzamiento, debido probablemente, a una disminución de la estabilidad corporal que conlleva una negativa transmisión de fuerzas hacia la dirección del lanzamiento, esta posición de los pies se caracteriza por la colocación del pie del lado del brazo ejecutor ligeramente adelantado y orientado hacia canasta, mientras que el otro se coloca paralelo o ligeramente en rotación externa. Knudson (1993), añade que la base de sustentación formada por los pies debe ser menor al ancho de los hombros con el pie del brazo ejecutor ligeramente adelantado proporcionando la base de sustentación más estable para el lanzamiento. Hay (1994), Alexander (1990), Pinotti (1992) y Knudson (1993), determinan que las funciones de los pies son las de estabilizar y aplicar fuerza, la rotación externa del pie atrasado incrementa la estabilidad y el éxito del lanzamiento, permitiendo al lanzador minimizar los movimientos hacia delante y hacia atrás durante el salto, así como mantener alineado el cuerpo con respecto a la canasta en el momento del lanzamiento.

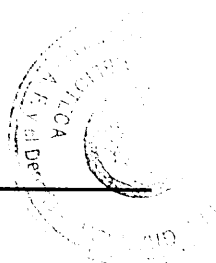
En las piernas se produce un contramovimiento (Cometti, 1989) desarrollando una ligera flexión previa de la rodilla, aunque el grado de ésta varíe de unos jugadores a otros en función de sus características individuales y de la distancia al aro, según Knudson (1993), la rotula no debe sobrepasar la punta del pie en el plano frontal, esta flexión de la rodilla permite una mayor velocidad de salida del centro de gravedad aprovechando la energía elástica muscular, el reflejo miotático e impulso inicial (Hochmuth, 1973; Komi, 1984; Wilson et al., 1990 y Elliot, 1991). La posición óptima del tronco es ligeramente rotado hacia el brazo auxiliar (Hay, 1994 y Alexander, 1990).

Considerando el balón como un segmento más, su colocación en la cadera del lado del brazo ejecutor, es sostenido por la mano auxiliar en el polo antero-inferior del balón proporcionando estabilidad y protección, mientras que la mano ejecutora se coloca en el polo postero-superior, con los dedos bien abiertos orientados hacia arriba, sosteniendo éstos el balón (Baker, 1983; Hay, 1994; Ladner, 1985; Alexander, 1990; Elliot, 1991; Pinotti, 1992 y Knudson, 1993).

En cuanto a la segunda fase, denominada de ejecución, y para la enseñanza de este lanzamiento, con el objetivo de incrementar la altura del salto con el propósito de superar al oponente (Hay, 1994), se debe tener en cuenta la ejecución de un salto que nos permita lanzar el balón en el punto más alto posible, incrementando a su vez, la flexión de hombro en el lanzamiento (Knudson, 1993). Martin (1981) recomendó enfatizar un contramovimiento de piernas entre 115-120°, para incrementar la velocidad de salida del centro de gravedad, aunque según Bober y Zawadzki (1993), un incremento de la flexión de rodillas no influye en la velocidad de salida del centro de gravedad. Ryan y Holt (1989), proponen que el incremento de la flexión plantar en el tiro libre, aumenta la velocidad vertical del CG y la altura y precisión del lanzamiento.

Szymanski (1967), Penrose y Blanksby (1976), Hudson (1985a), Ryan y Holt (1989), Satern et al. (1989), White y Elliott (1989), y Pinotti (1992) enfatizan, que debido a las fuerzas de impacto producidas en la parada, es necesario controlar la fuerza de reacción desarrollada, por ello el cuerpo, debe mantenerse lo más vertical posible en el momento del lanzamiento y sin ningún movimiento hacia delante o hacia atrás.

Drysdale (1973), Yates y Holt (1982), Hudson (1982; 1985a; 1985b) y Satern et al. (1989), observaron que los lanzadores profesionales realizaban menor



desplazamiento horizontal de su centro de gravedad que los lanzadores no profesionales. Gaunt (1976), White y Elliot (1989) y Satern (1993) demuestran que existe un pequeño desplazamiento hacia delante en jugadores profesionales pero sólo para los lanzamientos de larga distancia. Los estudios de Szymanski (1967), Penrose y Blanksby (1976), Hudson (1985a; 1985b), Ryan y Holt (1989), Satern et al. (1989) y White y Elliot (1989) confirman que los jugadores profesionales mantienen el tronco cerca de la vertical en el momento del lanzamiento, debido a que un desplazamiento del tronco afecta drásticamente al desplazamiento horizontal del centro de gravedad, ya que el tronco supone el 43,46% del peso corporal total (de Leva, 1996), además los movimientos en el plano horizontal del tronco modifican el ángulo de salida y disminuyen la altura de salida del balón (Elliot y White, 1989 y Satern et al., 1989).

Yates y Holt (1982) y Satern (1988), estudian la acción del brazo ejecutor en el lanzamiento, demostrando que jugadores profesionales tienden a comenzar el lanzamiento con una mayor flexión del codo que jugadores de menor nivel. Elliot y White (1989) entre lanzamientos en salto de 2 y 3 puntos, no encontraron diferencias con respecto al ángulo del codo en el instante de salida del balón, pero sí las hallaron en los ángulos del hombro y de la muñeca en ese mismo momento, incrementándose ambos, mientras la acción de las piernas permanece constante en las dos distancias de lanzamiento. Baker (1983), Ladner (1985), Ball (1989) y Elliot (1991), describieron las trayectorias que siguen los brazos, que suben el balón directamente hacia la sien del lado del brazo ejecutor y a partir de ahí, se completa el lanzamiento con una flexión del hombro ejecutor, mientras que el brazo auxiliar, ha tenido la misión de estabilizar la trayectoria del balón y protegerlo hasta su salida de la mano.

La tercera fase, denominada de salida del balón, se caracteriza por mantener la posición estable de la fase anterior y conseguir imprimir al balón una velocidad y ángulo de salida óptimos para el enceste. Hartley y Fulton (1971), Hay (1994) y Elliot (1991), sugieren que, ante la necesidad de obtener precisión desarrollando grandes velocidades de salida, es necesario utilizar una cadena cinética que involucre a todas las articulaciones, desde la del tronco y la cadera hasta las más pequeñas de la mano y pies, en un movimiento secuencial que va desde las articulaciones proximales a las distales.

Según varios autores, (Yates y Holt, 1982; Hudson, 1986; Kirby y Roberts, 1985 y Wissel, 1994a), la secuencia de dicha cadena cinética tiene como misión, obtener una posición que permita transmitir fuerza al balón exclusivamente en la dirección de la canasta, por ello, todo el cuerpo se encuentra alineado, siendo necesario que el lanzador mantenga el balón, la muñeca, el codo y el hombro en un plano alineado con respecto a la canasta, ya que se requiere precisión y una gran velocidad de salida del balón, y para ello, es importante aplicar fuerza mediante la implicación de todos los segmentos en dirección a la canasta, siendo la articulación del codo la que más incide sobre la precisión, ya que dirige la extensión del brazo.

Szymanski (1967), Hay (1994), Ingram y Snowden (1989), y Alexander (1990), ubican el comienzo de una buena posición final, en la fase preparatoria, mediante la colocación del pie del lado del brazo ejecutor ligeramente adelantado y el tronco rotado hacia el brazo auxiliar, por ello, no es tan importante estar orientado hacia canasta en la fase preparatoria, y sí obtener, una posición que permita al lanzador alinear su hombro de lanzamiento con la canasta, así como tener una buena visión del aro, en el momento de soltar el balón (Pinotti, 1992).

Satern et al. (1989), añaden en cuanto a la angulación del hombro en el instante de soltar el balón en un lanzamiento de un tiro libre, que ésta es de aproximadamente 40 grados sobre un plano horizontal, incrementándose 15 grados según White y Elliot (1989), al aumentar la distancia de lanzamiento de 4 a 6 metros de la canasta. En otros estudios, se observó una mayor flexión del hombro en lanzamientos de adolescentes con el incremento de la altura de la canasta (Satern et al., 1989). Yates y Holt (1982) indicaron que un incremento del ángulo de flexión del hombro repercutía en un aumento de la altura de salida del balón en jugadores profesionales.

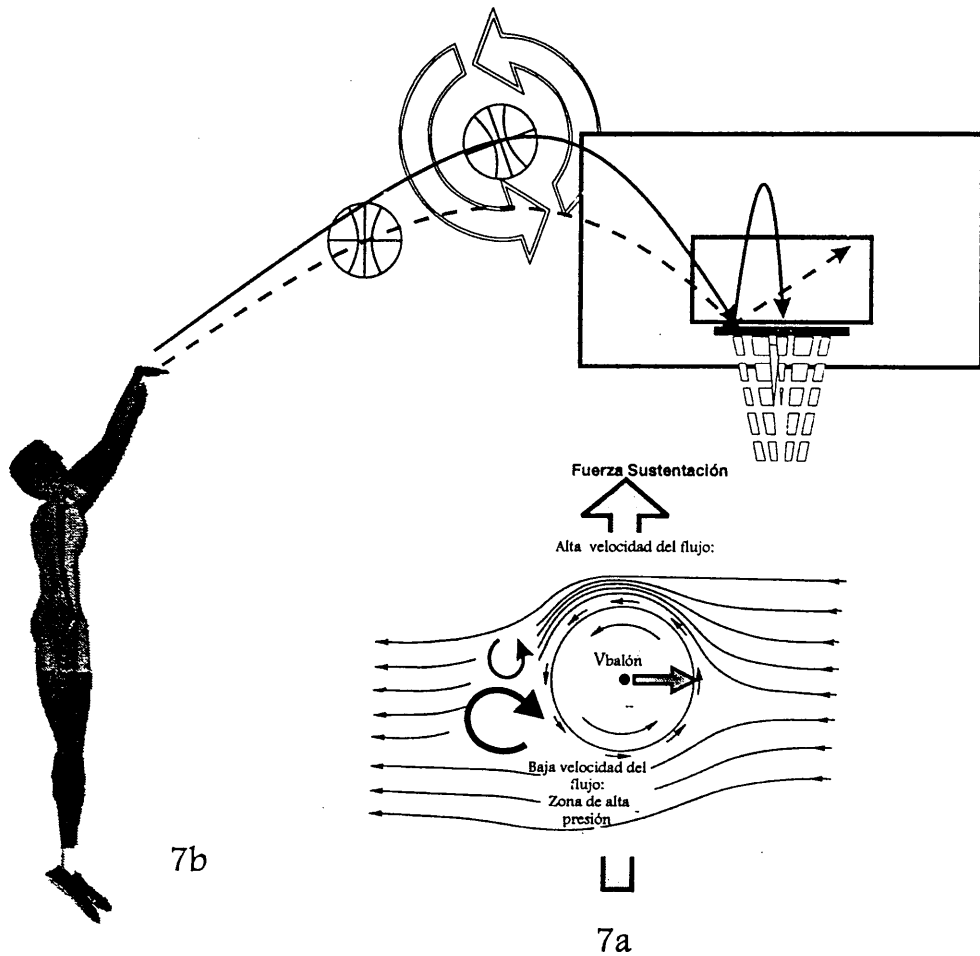
Penrose y Blanksby (1976), Hess (1980), Martin (1981), Yates y Holt (1982), Ingram y Snowden (1989) y Alexander (1990), analizaron la acción de la muñeca, correspondiéndole una flexión enérgica en el momento de salida del balón, encontrándose hiperextendida, elongando sus músculos flexores, mientras se produce una extensión y pequeña pronación del codo. Elliot y White (1989), Satern et al. (1989), Satern (1990), Tsarouchas et al. (1990) y Walters et al. (1990), añaden sobre la acción de la muñeca, que para realizar esta enérgica flexión, los jugadores profesionales parten de un hiperextensión mayor de la misma, mediante esta flexión de la muñeca y a través de los dedos, se le aplica al balón una fuerza excéntrica, ocasionándole una rotación sobre su eje transversal en sentido contrario a su desplazamiento lineal.

Esta rotación provoca, en el desplazamiento del balón por el aire, que el aire situado en el polo superior del balón posea una velocidad superior y contraria a su desplazamiento lineal, mientras que en el polo inferior el aire tiene una velocidad menor y a favor de su desplazamiento lineal del centro de gravedad del balón. La diferencia de velocidades del aire en los polos inferior y superior del

balón produce una diferencia en la presión ejercida en ambos polos del balón, inversamente proporcionales a las velocidades del aire, según el teorema de Bernoulli, dando como resultado una fuerza neta de sustentación hacia arriba (Figura 7 (a)).

Esta fuerza de sustentación se incrementa con el choque producido entre el aire movilizado por la rotación del balón y el aire que se encuentra el balón en su desplazamiento lineal, ya que el aire movilizado en la parte superior del balón posee la misma dirección y sentido que el aire que atraviesa el balón en dirección a la canasta, disminuyendo la presión del aire en el polo superior del balón y aumentándose en el polo inferior del balón.

Esta rotación que produce los diferenciales de presión en los polos inferior y superior del balón y que da lugar a la aparición de la fuerza de sustentación influye sobre la trayectoria del balón, denominando a dicha influencia efecto Magnus (Hay, 1994). Este efecto eleva el balón, provoca sobre el balón un mayor ángulo de salida, mayor estabilidad de su trayectoria aérea, y una disminución de la velocidad horizontal, repercutiendo positivamente en las posibilidades de enceste mediante, una caída hacia el aro más vertical, que conlleva un ángulo de entrada mayor. Además, y como otro aspecto positivo, se incrementa el rozamiento ante un posible contacto con el aro o tablero, disminuyendo las posibilidades de alejamiento entre el balón y el aro (Brancazio, 1981; Hay, 1982 y Alexander, 1990). En la Figura 7 (b), se presentan los efectos aerodinámicos, que implican el cambio de trayectoria en el balón cuando éste gira en sentido contrario a su desplazamiento lineal, así como el incremento en el rozamiento cuando toma contacto con la canasta.



**Figura 7 .-** Representación gráfica de los efectos producidos por la rotación del balón sobre su propio eje en el sentido contrario a su desplazamiento lineal, en su salida de la mano del jugador, en su trayectoria y en el contacto con el aro.

Yates y Holt (1982) proponen que la rotación del balón en contra de la dirección de su desplazamiento, es uno de los factores que más influyen en el éxito del lanzamiento. Esta rotación hacia atrás del balón se consigue cuando el antebrazo se encuentra vertical y en dirección a la canasta.

En relación a las articulaciones del hombro, codo y muñeca del brazo ejecutor, diversos autores como, Lenart y Rzymkoski (1993), Satern (1993), Vaughn y Kozar (1993) y Miller y Bartlett (1996), afirman que son éstas las que poseen una mayor variabilidad entre los jugadores y entre ensayos del mismo jugador, en el instante de soltar el balón.

En la cuarta fase, de continuación del lanzamiento, una vez que el balón ha salido, la flexión de muñeca supone una extensión del codo, y un mantenimiento del brazo elevado (Knudson, 1993). Aunque desde el punto de vista físico no afectaría a la trayectoria ya que el balón se rige según las ecuaciones de los proyectiles (Stimpson, 1986 y Miller y Bartlett, 1996). Alexander (1990), considera como indicadores visuales el mantenimiento de la extensión del codo, y que el brazo se mantenga casi vertical, indicando que se ha producido la completa relajación de los músculos antagonistas y una gran flexión del hombro que deben producirse en la fase final del lanzamiento.

El incremento de la altura de salida del balón aumenta la eficacia y reduce el margen de error en el lanzamiento al disminuir la distancia al mismo (Mortimer, 1951; Brancazio, 1981 y Hay, 1994). Un incremento en la altura de salida disminuye su distancia al aro, la velocidad de salida necesaria, y provee al balón de un ángulo de entrada más favorable. La salida del balón en el pico del salto del jugador, incrementa su altura de salida del mismo. Aunque diferentes estudios han documentado que la salida del balón se produce justo antes del pico



del salto, siempre en lanzamientos de más de 4,6 m de distancia con respecto al aro, (Szymanski, 1967; Drysdale, 1973; Martin 1981; Baker, 1983; Ladner, 1985; Elliot y White, 1989; Walters et al., 1990 y Elliot, 1991).

Penrose y Blanksby (1976) y Miller y Bartlett (1996) matizan que con el incremento de la distancia al aro, el lanzamiento se produce más alejado del pico del salto, y por tanto desde menor altura, puesto que además, el salto se realiza con una mayor componente horizontal de la velocidad. Alexander (1990) indica que existe un compromiso entre dos factores, por un lado lanzar desde la máxima altura del salto, incrementa las posibilidades teóricas de enceste, pero por otro lado no perder el contacto con el suelo durante el lanzamiento incrementa la precisión al existir mayor estabilidad y una posición fija donde realizar el procesamiento de la información, por ello ante la ausencia de oponente y si la distancia al aro lo permite, es preferible no perder el contacto con el suelo (Miller y Bartlett, 1996).

La velocidad de salida del balón es un factor determinante en el éxito del lanzamiento (Knudson, 1993). Estudios teóricos han mostrado que para un ángulo de salida dado, la variabilidad de la velocidad es sólo del 1 por ciento (Mortimer, 1951 y Brancazio, 1981). Toyoshima, et al. (1985), han analizado las diferencias entre lanzamientos convertidos y errados para diversas distancias, concluyendo que entre el 65 y el 85 por ciento de los lanzamientos errados fue debido a la velocidad inicial del balón en el momento de la salida de la mano. Existe una relación estrecha entre el ángulo y la velocidad de salida del balón, una mínima variación de uno de ellos, conlleva una modificación en el otro parámetro, de hecho cada lanzamiento requiere unos rangos de ángulos y velocidades determinados (Brancazio, 1981; Hay, 1994; Elliot & White, 1989 y Walters et al., 1990). Satern (1993) analiza la vinculación entre el ángulo y la velocidad de

salida en relación con la distancia de lanzamiento, concluyendo con que un incremento de la distancia de lanzamiento conlleva una disminución del ángulo de salida y una elevación de la velocidad del balón, hecho que se ratifica con la utilización de la expresión 1, que define la trayectoria de los proyectiles y la relación entre sus variables.

(E-1)

$$D = \frac{V^2 \sin \alpha \cos \alpha + V \cos \alpha \sqrt{(V \sin \alpha)^2 + 2gh}}{g}$$

donde D es la distancia recorrida por el balón, V la velocidad de salida,  $\alpha$  el ángulo de salida del balón, g la fuerza de la gravedad y h la diferencia de altura entre el aro y el balón en el momento de salir de la mano del jugador.

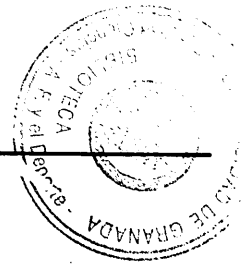
Otros estudios biomecánicos, llevados a cabo desde Hudson (1982; 1985a), Satern et al. (1989), Satern (1990) y Miller y Bartlett (1996), han aportado los datos de la velocidad de salida del balón en diversos lanzamientos, en lanzamientos libres (4,6 metros de distancia) la velocidad ha fluctuando entre 6,0 y 7,2 m/s mientras que en lanzamientos en salto desde la misma distancia las velocidades se encuentran entre 6,6 y 6,9 m/s (Walters et al., 1990), debido probablemente al incremento de altura de salida del balón y reducción del ángulo, factor que también interacciona en la anterior ecuación de los proyectiles.

La velocidad de salida del balón, según la teoría de impulsos parciales de Hochmuth (1973), es el sumatorio de dos velocidades, la velocidad del centro de gravedad del cuerpo, y la que le imprimimos al balón con respecto al centro de gravedad corporal. Como hemos mencionado anteriormente la salida del balón se produce cerca del pico del salto, resultando ésta casi cero, por lo que no está claro que la velocidad vertical del cuerpo tenga una contribución decisiva en la

velocidad de salida del balón (Knudson, 1993; Miller y Bartlett, 1996), aunque estos estudios sugieren que influye ligeramente sobre la velocidad vertical del balón (Tsarouchas et al., 1990; Walters et al., 1990). En este sentido, se ratifica lo expuesto por Thomas (1972), Penrose y Blanksby (1976) y Miller y Bartlett (1996), los cuales exponen que cuando se incrementa la distancia, el balón pierde contacto con la mano antes de que el centro de gravedad llegue a la altura máxima del salto. En la Tabla 2 se representan los resultados de diversos estudios sobre la velocidad de salida del balón.

En medias y largas distancias al aro, y en jugadores de menor fuerza, será más importante la contribución corporal (Hay, 1994; Walters et al., 1990 y Miller y Bartlett, 1996), ya que se requiere una velocidad de salida del balón elevada, mientras que en cortas distancias se puede lanzar en el pico del salto siendo la contribución corporal cercana a cero, ya que se precisa, una velocidad de salida del balón pequeña (Elliot y White, 1989).

Thomas (1972), confirma que en los lanzamientos de muy larga distancia (más de 7,6 m), el balón salía justo en el momento de despegue de los pies del suelo, cuando la velocidad del centro de gravedad del jugador es mayor. En consecuencia, los jugadores jóvenes con poca fuerza lanzan en trayectorias ascendentes del centro de gravedad, proyectándolo fuera de la base de sustentación, perdiendo el equilibrio y la estabilidad que demandan estos lanzamientos de precisión (Hay, 1994; White y Elliot, 1989 y Alexander, 1990), problema que debe ser resuelto con la utilización de balones más pequeños y canastas más bajas, que permitirán mejorar la técnica individual y el rendimiento (Lindeburg y Hewitt, 1964; Wright, 1967; Gabbard y Shea, 1980; Isaacs y Karpman, 1981; Juhasz y Wilson, 1982; Satern, 1989; Chase et al. 1994 y Wissel, 1994a), Figura 8.



**Tabla 2.-** Exposición de los resultados registrados en el parámetro velocidad de salida del balón para lanzamientos entre 3 y 6,5 m, en diferentes investigaciones

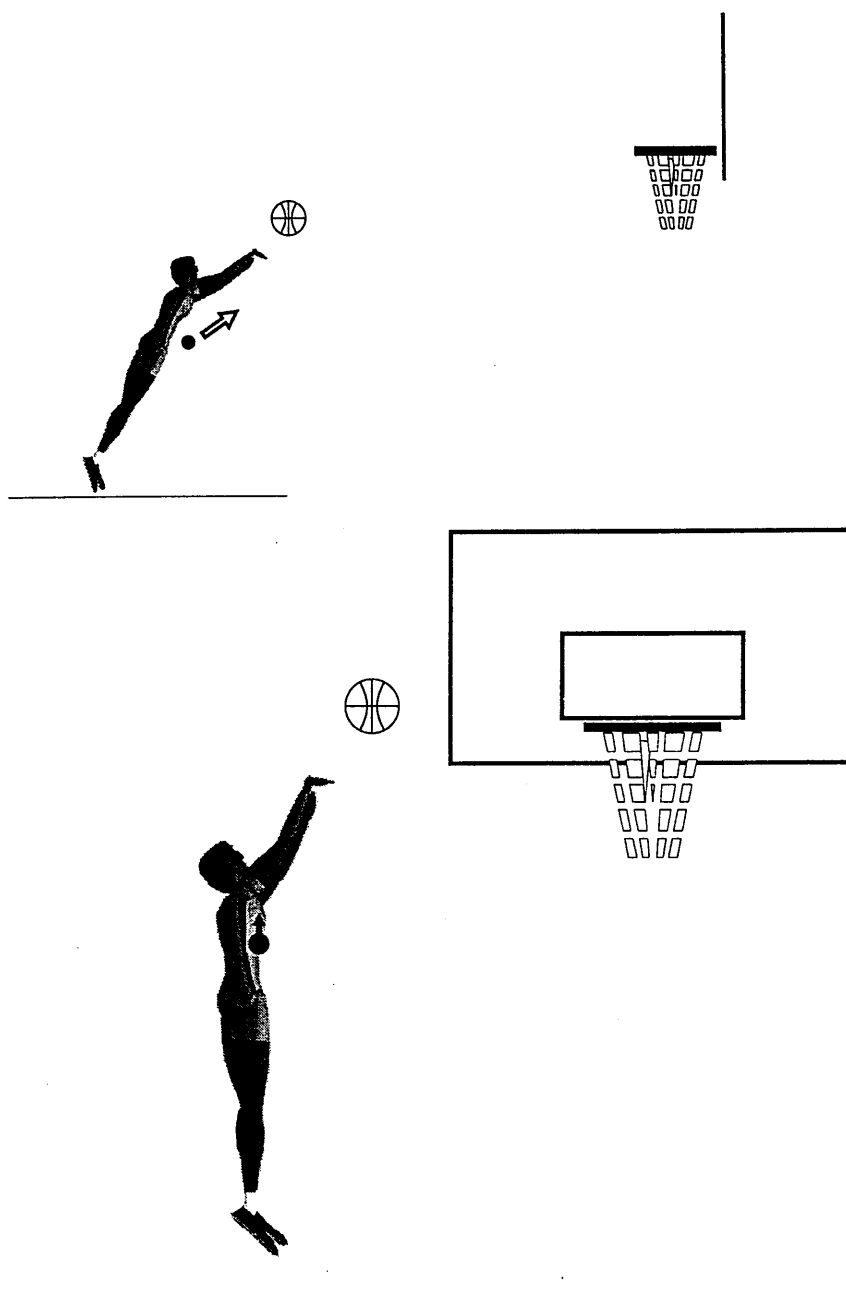
---

Estudio	Velocidad	Tipo de estudio
Mortimer (1951)	7,2-7,5 m/s	Teórico
Toyoshima et al. (1985)	7,3 m/s	Hombres, lanzamiento en salto
Hay (1994)	7,2-7,5 m/s	Teórico
Hudson (1985)	7,1 m/s	Mujeres, lanzamiento libres
Elliot (1992)	7,1-7,5 m/s	Hombres, lanzamiento en salto
Elliot (1992)	6,9-7,3 m/s	Mujeres, lanzamiento en salto
Satern (1993)	6,3-6,5 m/s	Mujeres, lanzamiento en salto
Satern (1993)	6,1-6,7 m/s	Hombres, lanzamiento en salto
Miller (1993)	4,7 m/s	Mujeres, lanzamiento en salto
Vaugh y Kozar (1993)	6,9 m/s	Hombres, tiros libres
Miller y Bartlett (1996)	6,4 m/s	Hombres, lanzamiento en salto

---

El ángulo de salida del balón es un factor determinante sobre el éxito del lanzamiento, que tiene relación con el ángulo de entrada del balón en el aro, existiendo ciertos ángulos de salida que no permiten un ángulo de entrada mínimo por el aro (Hay, 1994). Siguiendo a Elliot y White (1989) y Satern (1989), el ángulo de salida depende principalmente de los siguientes factores; en primer lugar la ubicación en el campo, en segundo lugar la altura del lanzamiento y como tercer factor los ángulos del hombro y del tronco. En la Tabla 3, se presentan los ángulos de salida obtenidos de forma teórica y experimental para lanzamientos entre 3 y 6,5 metros, en estos datos observamos que los resultados experimentales coinciden con los teóricos, siendo el ángulo de 52 grados el ángulo medio de referencia para lanzamientos realizados desde 2,3 metros de altura.

Los registros de velocidades de salida y las interacciones con los ángulos se basan en la teoría de Brancazio (1981), y los resultados muestran que los jugadores profesionales ejecutan los lanzamientos con los ángulos mínimos permitidos para convertir los lanzamientos con las velocidades de salida desarrolladas, lanzar a la mínima velocidad tiene diversas ventajas: a) incrementa la precisión, b) disminuye la fatiga muscular y c) aumenta la posibilidad de que el balón pase a través del aro (Knudson, 1993).



**Figura 8.-** Representación gráfica de la influencia de la distancia al aro sobre la estabilidad corporal y la modificación de la velocidad de su centro de gravedad en el momento del lanzamiento.

---

**INTRODUCCIÓN. Planteamiento del problema**

---

**Tabla 3.-** Exposición de los resultados obtenidos en el ángulo de salida del balón para lanzamientos entre 3 y 6,5 m, en las diferentes investigaciones experimentales y teóricas.

---

Estudio	Ángulo	Tipo de estudio
Mortimer (1951)	54-58	Teórico
Brancazio (1981)	45-55	Teórico
Toyoshima et al. (1985)	51-55	Hombres, lanzamiento en salto
Hudson (1982)	52	Mujeres, lanzamientos libres
Hay (1994)	49-55	Teórico
Hudson (1985a)	53	Mujeres, lanzamientos libres
Satern (1988)	52-55	Lanzamientos libres
Tsarouchas et al. (1988)	50	Hombres, lanzamientos libres
White y Elliot (1989)	53	Mujeres, lanzamientos en salto
Walters et al. (1990)	52	Mujeres, lanzamiento en salto
Elliot (1992)	45-47	Hombres, lanzamiento en salto
Elliot (1992)	49-50	Mujeres, lanzamiento en salto
Miller (1993)	48	Mujeres, lanzamiento en salto
Satern (1993)	51-53	Hombres, lanzamiento en salto
Satern (1993)	51-53	Mujeres, lanzamiento en salto
Vaugh y Kozar (1993)	53	Hombres, tiros libres
Miller y Bartlett (1996)	52	Hombres, lanzamiento en salto

---

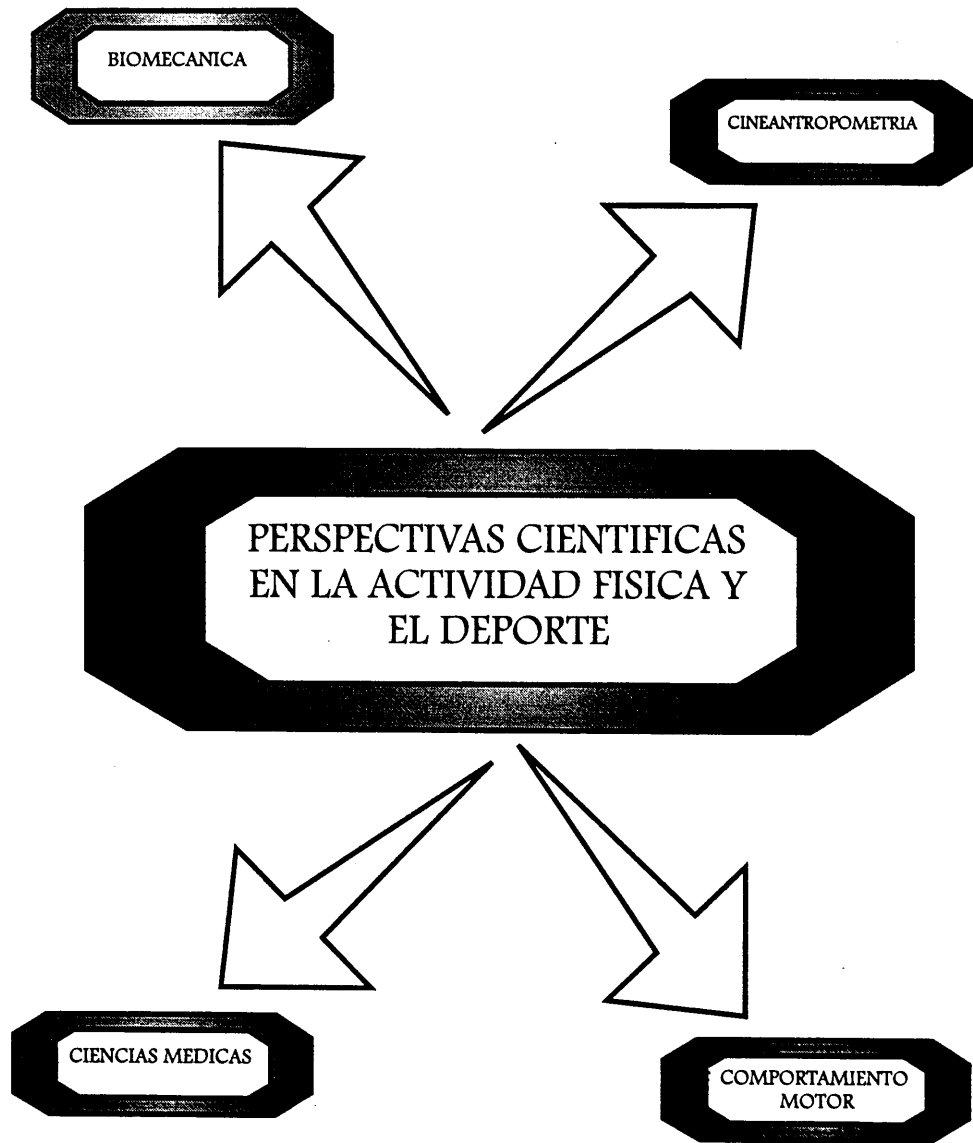
### **1.3.- Importancia de la interdisciplinariedad del estudio**

El estudio del movimiento humano, desde una perspectiva científica, parte del planteamiento de un problema sometido al filtro metodológico, control y la contrastación empírica mediante los cuales se construyen hipótesis, modelos explicativos y teorías (Gutiérrez et al., 1988).

La actividad física y el deporte, y en este caso el lanzamiento en salto tras carrera en baloncesto, como objeto de estudio desde el punto de vista de la ciencia, conlleva un enfoque multidisciplinar mediante el cual se analiza el gesto desde diversos puntos de vista, siendo el conocimiento de los mecanismos básicos de la motricidad el punto de partida de cualquier intervención posterior. Aunque el análisis debe ser entendido como una globalidad, la exigencia de delimitación hace que se estructure en distintas perspectivas dependiendo de las áreas de conocimiento (Oña, 1994).

Siguiendo la clasificación de Gutiérrez (1990) las variables más importantes implicadas en el movimiento deportivo se podrían clasificar en cuatro grupos, dependiendo de las perspectivas científicas o disciplinas que las estudian (Figura, 9). Las ciencias médicas estudian tanto los procesos energéticos como los relacionados con la coordinación intrínseca del movimiento, encontrándonos con especialistas en fisiología del esfuerzo físico, neurofisiólogos, fisioterapeutas, especialistas en nutrición, especialistas en la recuperación, etc. El comportamiento motor estudia el movimiento humano desde una perspectiva psicológica, ya sean los mecanismos básicos del movimiento mediante el control motor, los procesos de adquisición y eliminación de conductas a través del aprendizaje motor o el entrenamiento psicológico para mejorar la eficacia del rendimiento competitivo del deportista mediante la psicología aplicada al deporte.





**Figura 9.-** Representación esquemática de las perspectivas científicas en el campo de la motricidad (Gutiérrez, 1990).

La cineantropometría está íntimamente relacionada con la cinesiología, por lo tanto se encuentra muy próxima a la biomecánica, estudiando los parámetros antropométricos relacionados con el movimiento humano, determinando las interrelaciones entre dichos parámetros y la eficacia del gesto deportivo. En cierto modo la detección de talentos deportivos se basa en la utilización de criterios cineantropométricos y fisiológicos. Por último, la biomecánica entendiendo al cuerpo humano como un sistema biológico sujeto a leyes físicas y que como tal puede ser tratado. Desde este último punto de vista, si se considera que un gesto deportivo implica movimiento, se puede analizar utilizando las leyes y principios de la mecánica, valorando numerosas variables como el espacio recorrido, la velocidad de desplazamiento, el tiempo transcurrido, el impulso mecánico generado, etc... Estas variables que se derivan de la concepción mecánica del movimiento humano, han hecho que se desarrolle la biomecánica deportiva.

En este estudio, la valoración del lanzamiento en salto tras carrera en baloncesto, como hemos comentado en la presentación de esta tesis, parte de la psicología y la física como perspectivas básicas de estudio, identificadas en el campo de la motricidad en las áreas especiales del comportamiento motor, analizando los procesos de control motor de la ejecución del movimiento en los dos contextos de estudio y de la biomecánica, determinando los parámetros de este lanzamiento y los factores mecánicos que lo caracterizan.



## 1.4.- Factores comportamentales de estudio

### 1.4.1. El sujeto como procesador de la información

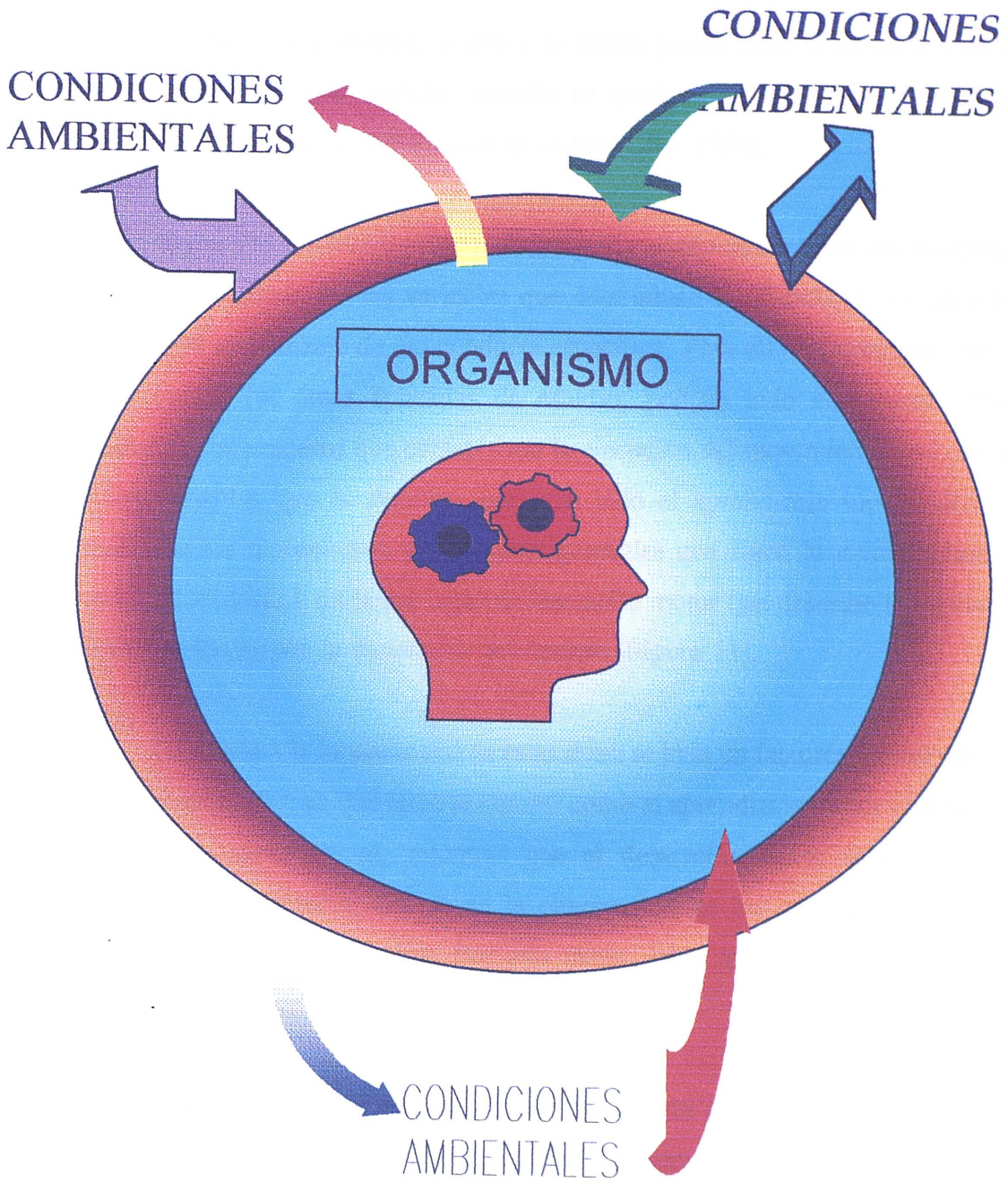
El comportamiento motor, como perspectiva científica aplicada, recoge sistemáticamente todos los enunciados empíricos que puede estudiar la Psicología. Thordike (1931), y de forma más explícita Hull (1943), delimitaron el concepto funcional del comportamiento como el producto de la interacción entre un organismo y el medio donde habita, como muestra la expresión 2.

(E-2)

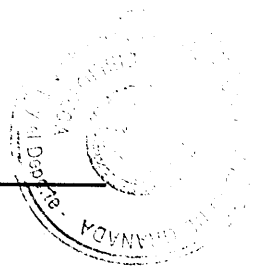
$$C = f(O, M)$$

**Ecuación 2.-** Concepto funcional del comportamiento motor, interacción entre organismo y medio. Donde C, es el comportamiento, f una constante, O, el organismo, y M, el medio.

Según Oña (1994), el comportamiento lo constituyen tres elementos básicos, un organismo como sistema viviente autónomo, un medio donde se desarrolla dicho organismo compuesto por un conjunto de estímulos de potencial acción sobre el organismo, y unas interacciones que constituyen la conducta que emite el individuo como respuesta a la entrada de estímulos del medio y de esa manera adaptarse al mismo, y por otro, los cambios que a su vez, produce el organismo sobre el medio, siendo así una acción de doble sentido entre medio y organismo (Figura 10), deduciendo de lo expuesto que ambos elementos, medio y organismo, son dependientes uno del otro, y se encuentran en un proceso de adaptación continua (Wallon, 1974).



**Figura 10.-** Esquema representativo de la doble interacción del organismo con el medio (Oña, 1994).



La interacción entre el sujeto y el medio puede tener diversas formas de manifestación, en este sentido, cuando se produce a través del movimiento estaremos frente a un comportamiento motor (Oña, 1994).

Siguiendo a Schmidt (1988), el comportamiento motor tiene como objetivo prioritario, comprender las variables que determinan la eficacia de la ejecución motora y el aprendizaje de esa conducta específica. Para ello, el comportamiento motor posee tres áreas aplicadas de estudio, por un lado el control motor, estudiando los procesos que caracterizan la ejecución del movimiento y el control de las variables que lo definen, por otro lado el aprendizaje motor, área de estudio de los mecanismos y principios generales que rigen la modificación de conductas motoras y en tercer lugar el desarrollo motor que describe la evolución de las conductas por la incidencia del tiempo (Figura 11).

La diferencia fundamental de estas áreas se basa en factores metodológicos de la investigación, ya que tanto el control como el aprendizaje motor utilizan una metodología experimental, mientras que el desarrollo motor se emplea una metodología descriptiva, basada en la observación de los cambios de patrones motores a lo largo del tiempo. Por esta razón, tanto aprendizaje como control motor suelen desarrollarse de forma paralela.

El estudio del movimiento a través del control motor, integra los procesos biológicos neuromusculares en el contexto general del procesamiento de la información, propio de la cognición humana como función psicológica de control, para determinar las causas de la ejecución motora. El esquema comportamental considera al organismo como un sistema de procesamiento de la información autorregulado a través del feedback. El medio constituye el estímulo, el organismo procesa la información emitiendo una respuesta, que

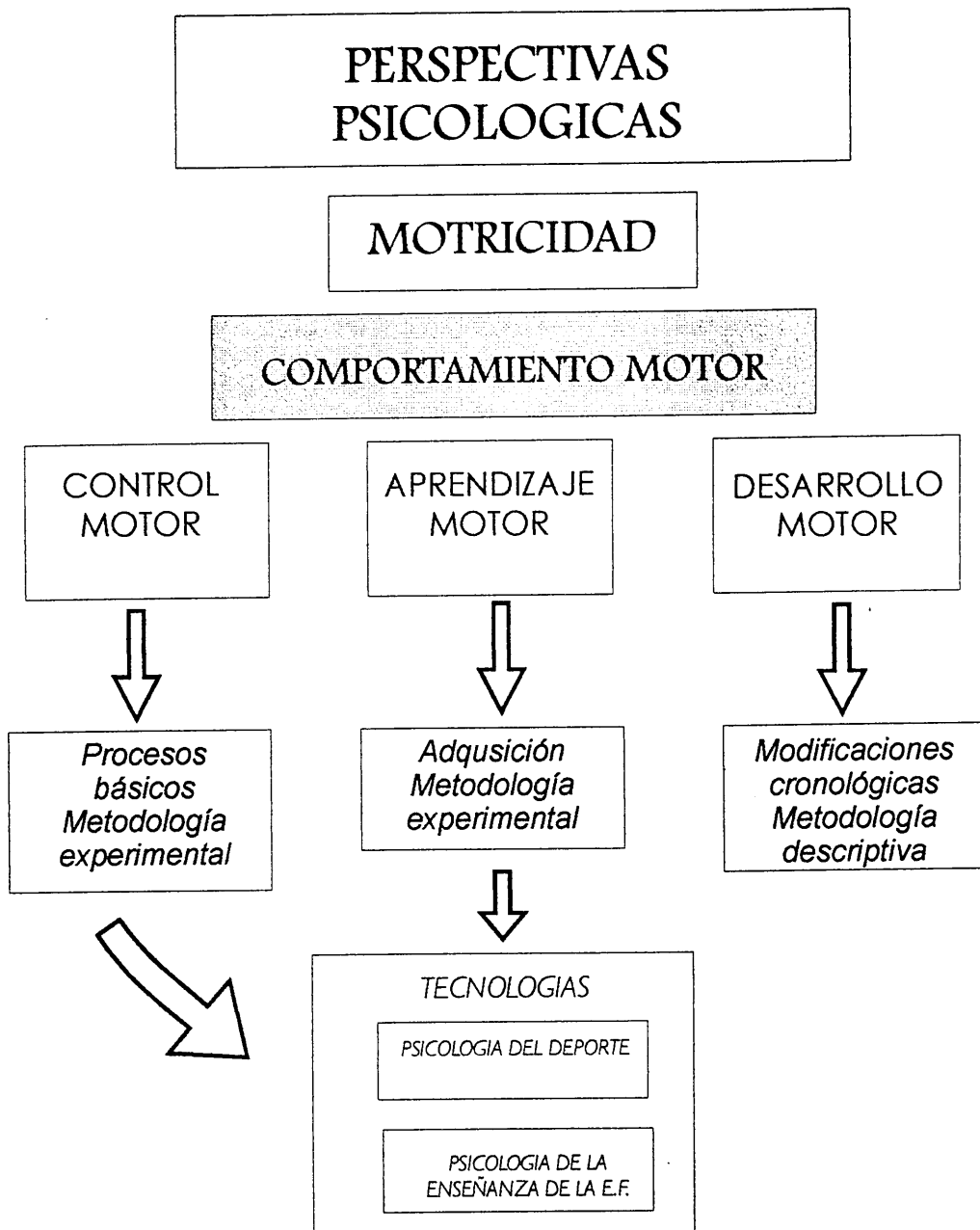


Figura 11.- Representación esquemática de las áreas que componen el Comportamiento Motor (Singer, 1985).

después de su confrontación con el medio regresa al organismo como nuevas unidades de información (Feedback), para modificarlo y adaptarlo, según el modelo de servosistema (Figura 12).

El sistema, una vez recibida la información identificada y confrontada con la ya almacenada, ha de decidir que respuesta va a emitir para elaborar la programación de la respuesta motora que deberá ejecutarse por el nivel efector, mediante un conjunto integrado de órdenes que se enviarán al sistema ejecutante para que las unidades neuromusculares actúen en un juego sincrónico tensión-relajación a lo largo de un patrón temporal (patrón neuromuscular).

Para estos constructos, el componente psicológico no es una copia fija del gesto físico que permanece durante todo el procesamiento, sino que debe definirse cada vez según las condiciones ambientales, entre las que cumplen un papel importante la información dada e instrucciones previas e información de resultados (feedback), toda esta información y de acuerdo con la teoría del bucle cerrado en el control de la información (Adams, 1971), el sujeto puede adquirir información proveniente de las primeras etapas de ejecución del gesto para realizar ajustes segmentarios en las últimas etapas de ejecución. En el protocolo de estudio diseñado, el sujeto identifica al defensor como un perturbador de las condiciones ambientales, siendo responsable de definir el programa motor. Es importante el rol activo del sujeto durante la construcción del programa en cada ensayo y la flexibilidad en la relación de los niveles de procesamiento que podrían actuar paralelamente.

Dentro de este área nos centramos en el estudio de la variabilidad del gesto bajo dos contextos de estudio determinado por la presencia del oponente, como medio de análisis del procesamiento de la información, aportándonos algunos

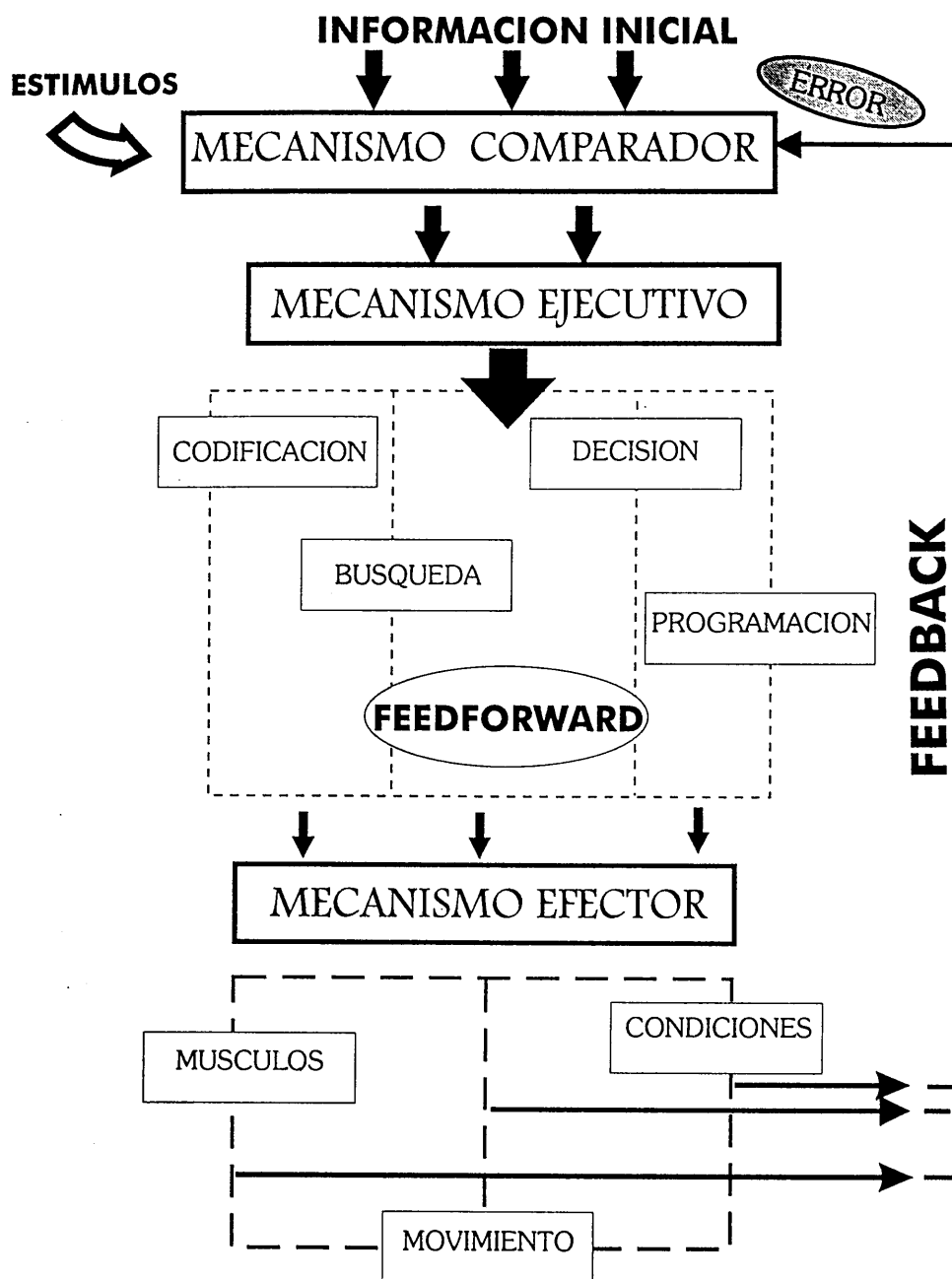


Figura 12.- Representación gráfica de los componentes y funciones del modelo de servosistema en el movimiento humano (Oña, 1994).



conocimientos de las características de la respuesta que emite un sujeto en diversos ensayos ante dos situaciones diferentes.

#### **1.4.2.- El programa motor del lanzamiento a canasta**

Los modelos de procesamiento de la información más tradicionales se han basado en supuestos genético-biológicos, como ocurre con el ideo-motor o el del memory-drum (Henry y Rogers, 1960). Como alternativa para explicar las insuficiencias de este modelo restringido de programa motor, el cual no solucionaba los problemas de novedad y almacenamiento de las conductas motoras, nace el término programa motor generalizado (Schmidt, 1985), aceptado en una línea semejante por otros autores (Keele, 1968 y Brooks, 1979), del que derivarán otros términos como el de estructura coordinativa (Bernstein, 1947; Turvey, 1977 y Kugler et al., 1980), el de control multiniveles (Greene, 1972), o el de esquema motor (Schmidt, 1985; 1992). Este último se puede observar en la Figura 13, donde apreciamos en la parte superior los elementos más globales y organizados, y en la inferior los más susceptibles de adaptarse al medio.

Los elementos más globales o invariantes del programa motor (Schmidt, 1988) están compuestos por la estructura temporal del gesto, el orden de los elementos y la fuerza relativa. En primer lugar, la estructura temporal del movimiento es rígida lo que supone que el gesto se realiza con la misma alternancia contracción-relajación, siendo el tiempo empleado mayor o menor pero siempre proporcional, lo que indica que el tiempo relativo es constante entre las fases del gesto. El orden de los elementos ya señalado por Lashley (1951), muestra que las fases del gesto se realizan secuencialmente en el mismo orden cronológico, y la fuerza relativa que hace mención al total de fuerza producida por cada músculo permanece en un proporción constante de ensayo a

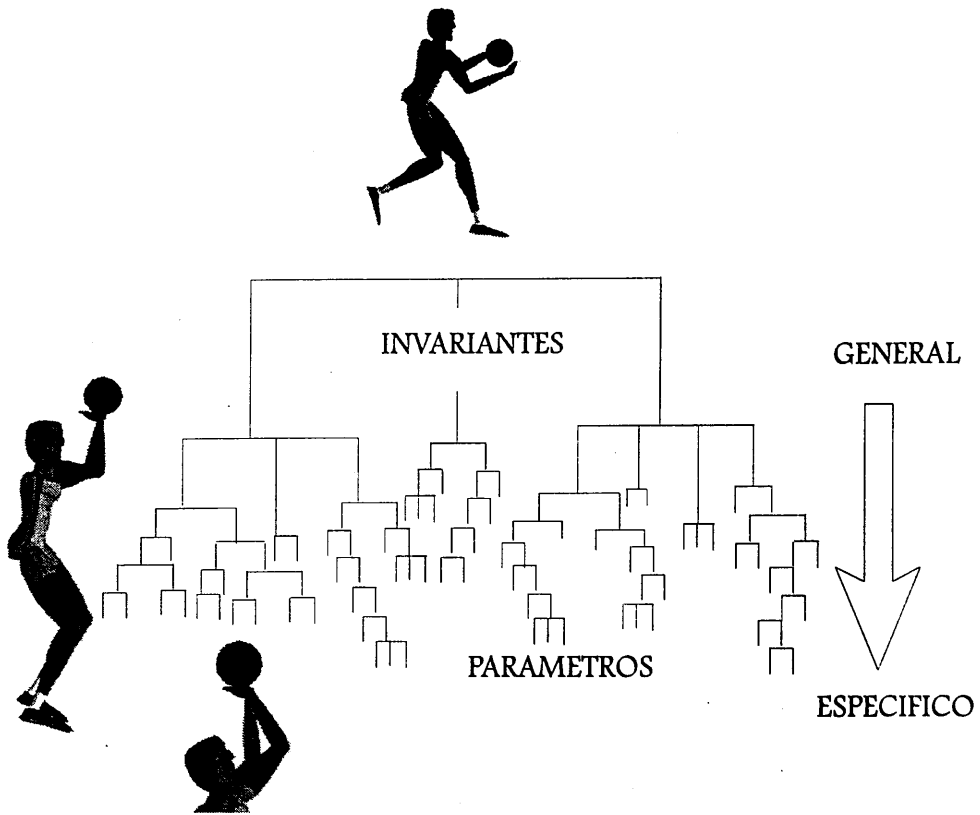
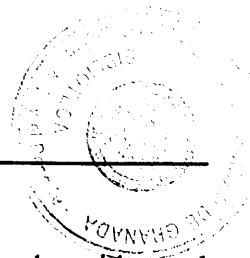


Figura 13.- Esquema representativo de la organización del movimiento en memoria según el esquema motor (adaptado de Martínez, 1994).



ensayo. Los elementos que se adaptan al medio o parámetros son la duración total del gesto, la velocidad con la que se ha llevado a cabo, la amplitud del movimiento desarrollado y los músculos seleccionados para realizar dicho gesto (Schmidt, 1985).

En este estudio, mediante las técnicas cinematográficas podremos encuadrar el lanzamiento en salto tras carrera en baloncesto dentro del programa motor generalizado determinando cuales son las invariantes y los parámetros del gesto así como la consistencia temporal intrasujeto y las diferencias entre sujetos.

Por otro lado, la anticipación espacial tiene una gran importancia en este gesto, en el cual el sujeto se anticipa a la localización del estímulo, mediante el análisis de la posición de lanzamiento, distancia del pasador, posición del adversario y sus cualidades dinámicas (Oña, 1994), el sujeto utiliza los denominados preíndices de la técnica (Rosenbaum, 1980; Zelaznick y Hahn, 1985 y Oña, 1994) como medios de la anticipación espacial. Esta anticipación espacial le permite al sujeto realizar la cadena cinética en el momento y las velocidades óptimas, aprovechando su estado dinámico en la recepción del balón.

Otro aspecto a valorar dentro del campo del control motor, es la automatización del gesto, que se define como el procesamiento de la información de forma rápida, sin demandas de atención, y sin interferencias. La automatización dentro del programa motor generalizado, plantea un objetivo general, realizando el sujeto una preprogramación en función de los preíndices de la técnica, (Schneider y Shiffrin, 1977 y Lee, 1980).

El lanzamiento a canasta tras carrera en baloncesto, se encuentra ubicado como un elemento global y organizado en el nivel superior del control

multiniveles, desde donde pasan progresivamente a niveles inferiores, controlados por factores periféricos, denominado efecto contexto (Shea y Morgan, 1979), para concretarse en las órdenes dadas a unidades musculares, por ejemplo mayor protección con el brazo auxiliar, modificación de la inclinación del tronco ante la presencia de un oponente, etc. La presencia de grandes alternancias ambientales, provoca la actuación de los niveles superiores y se cambia de programa o modelo técnico (p.e., lanzar en forma de gancho), pero si las variaciones son pequeñas el programa motor generalizado se ajusta a los nuevos parámetros (Figura 13).

Es objeto de análisis en este estudio como dos situaciones contextuales diferentes afectan al ajuste de este programa motor generalizado. Según los planteamientos del programa motor generalizado existe un patrón neuromuscular base, que representa los niveles superiores y patrones neuromusculares derivados, que representan casos concretos en niveles inferiores.

El control multiniveles y el programa motor generalizado hace referencia a la recuperación de la información, mientras que Craik y Lockhart (1972), aplican el almacenamiento y la adquisición de un esquema motor consistente en una codificación de tipo jerárquico, desarrollándose de forma parecida al control multiniveles. Nelson y McEvoy (1979) definieron el almacenamiento de la información en dominios del procesamiento, denominado por Schmidt (1988) como esquema motor.

Partiendo de la teoría del esquema motor la variedad en la práctica es esencial para la adquisición del máximo rendimiento en una habilidad abierta (Poulton, 1963) como es el objeto de estudio, tanto en situaciones ya experimentadas como en situaciones novedosas (Newell y Shapiro, 1976;

McCraecken y Stelmach, 1977; Wrisberg y Ragsdale, 1979 y Catalano y Kleiner, 1984), ya que amplía la capacidad de adaptación y transferencia del programa motor generalizado (Schmidt, 1988) a situaciones que requieren nuevas respuestas. Así mismo, la práctica variada ofrece unos mejores niveles de retención del aprendizaje que la práctica bajo contexto único (McCraecken y Stelmach, 1977). Kerr y Booth (1966) añaden que incluso la práctica variada fue más eficiente que la práctica constante cuando los sujetos tenían que transferirla a una situación novedosa. Shea y Morgan (1979) indican, que aunque en un principio el nivel de aprendizaje es inferior en la práctica variada, posteriormente la transferencia de ésta es más potente. Según Newell y Shapiro (1976), Lee (1980), y Shea y Zimny (1983), la práctica aleatoria aumenta el número de variables de las invariantes del programa motor generalizado. Shea et al. (1991), añaden sobre el tipo de variabilidad en la práctica, que ésta debe ser específica para que la transferencia al juego real sea máxima.

## **1.5.- Factores biomecánicos de estudio**

### **1.5.1. Perspectiva científica de la biomecánica aplicada al lanzamiento a canasta**

El análisis del movimiento deportivo, desde el punto de vista de la biomecánica, permite profundizar en el conocimiento del papel que juegan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte autónomo, implicación neurológica y control integrado (Consejo Internacional para el Deporte y la Educación Física, 1971). A partir de las últimas décadas estos análisis han podido desarrollarse de forma plena debido al gran desarrollo de las tecnologías aplicadas al análisis del deporte.

Al margen de la investigación básica, tendente al desarrollo de teorías generalistas que explican el movimiento deportivo, el actual prestigio de la biomecánica deportiva, reside en el apoyo prestado por algunos organismos deportivos como el Comité Olímpico Internacional (C.O.I.), el cual pretende incentivar entre los deportistas de alto nivel, la búsqueda de nuevos elementos de apoyo alejado del mundo de la farmacología y el dopaje. En este sentido la biomecánica deportiva es una alternativa en la búsqueda de superación.

No se debe olvidar que la biomecánica deportiva sólo permite una aproximación mecánica a la práctica deportiva, pero en el deporte hay muchos otros factores incluidos. La utilización correcta de la biomecánica implica que sea considerada como un elemento de comprensión y apoyo, que junto al resto de ciencias relacionadas con el deporte, suministra datos útiles y fiables.

Basándose en el planteamiento, inicialmente desarrollado por Fidelus (1982), se podrían describir algunos objetivos de la biomecánica deportiva, como evaluar la capacidad física y técnica del deportista analizando los modelos eficaces relacionados con los movimientos ejecutados, analizar y, si procede, corregir su técnica, desarrollándose la fuerza y capacidad articular necesaria para la consecución de los objetivos pretendidos, proveer al deportista de los mejores complementos deportivos a nivel de instrumental e implementos, diseñando un equipamiento que dé soluciones eficaces a los diferentes problemas médicos y técnicos (calzado deportivo, balones, terreno de juego, etc).

Metodológicamente, la biomecánica deportiva ha enfocado el estudio del movimiento utilizando dos alternativas; a) la del método inverso y b) la del método directo. El primer método utiliza las diversas variables implicadas en el análisis biomecánico del movimiento (parámetros cinemáticos, dinámicos y de estructuras biológicas) realizando una descripción cuantitativa para establecer las ecuaciones necesarias que nos permitan determinar las variables biomecánicas que actúan en cada una de las articulaciones y segmentos que componen el sistema que produce el movimiento, éste es el método más utilizado en la biomecánica deportiva. El segundo o método directo, utiliza las diversas variables biomecánicas interactuantes en el movimiento deportivo, realizando sobre ellas cambios hipotéticos cuyas consecuencias y modificaciones pueden ser analizadas. Este método, que está íntimamente relacionado con los métodos experimentales, ha sido poco utilizado en biomecánica deportiva debido a la extremada dificultad en el control de las diversas variables contaminadoras existentes (Gutiérrez, 1990).

En este estudio se utilizará un método mixto, ya que se proponen modificaciones en la situación (con y sin oponente) con el propósito de deducir

los cambios que se producen en los factores que definen la eficacia del gesto y, por otro lado, con el objetivo de conocer la interacción entre los factores implicados en el gesto se utiliza el método inverso, observando mediante las técnicas cinematográficas los cambios que se producen en la ejecución del gesto propuesto.

El análisis biomecánico plantea como uno de sus objetivos, conocer la interacción entre los factores de eficacia individuales, que le permita al jugador lanzar desde la mayor altura, en el menor tiempo posible, y desarrollar una cadena cinética adecuada, con objeto de imprimir al balón una velocidad y trayectorias óptimas. El resto de las opciones del lanzamiento se consideran recursos de la técnica básica, sin desmerecer este término ya que en muchas ocasiones el recurso suele ser más eficaz y resolutivo que la propia técnica básica (Gutiérrez, 1992).

En cuanto al estudio biomecánico de este gesto, conlleva una dificultad en el análisis, aparentemente insalvable, se trata de un gesto de bucle cerrado, sujeto a referencias externas, que varían continuamente en el deporte del baloncesto. En este caso el lanzamiento en salto tras carrera sin y con oposición, en juego real, constituye un gesto donde las posiciones, trayectorias, velocidades del lanzador, oponente, pasador y balón varían constantemente en función del desarrollo del juego. Para controlar todas estas variables se han bloqueado mediante un estricto protocolo que permite el control experimental del objeto de estudio.

Siendo éste, un estudio interdisciplinar, se puede concretar su objetivo específico en el análisis de los factores biomecánicos que determinan la eficacia en el lanzamiento a canasta en salto tras carrera previa. Para llevar a cabo dicho



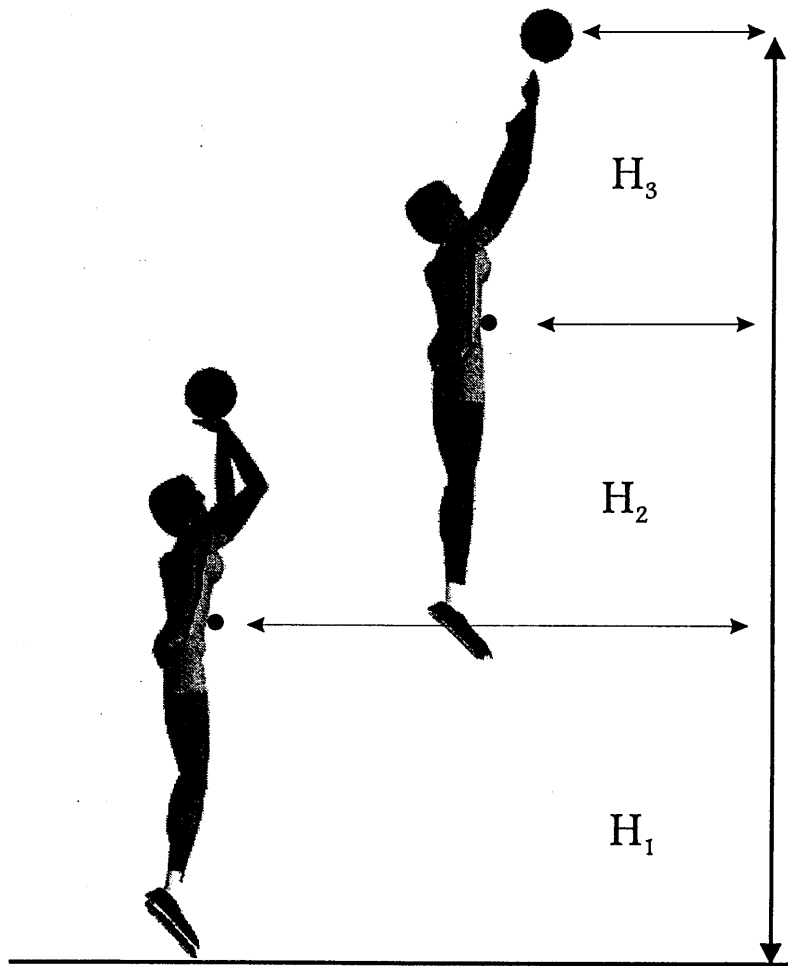
propósito se ha realizado un estudio teórico de los criterios que inciden sobre la eficacia del salto y la cadena cinética implicada en el lanzamiento.

### **1.5.2. Criterios de eficacia biomecánicos en el lanzamiento a canasta.**

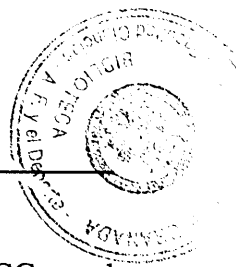
El primer criterio de eficacia, expuesto por Vittasalo, 1982; Alexander, 1990; Knudson, 1993 y Hay, 1994, es lanzar desde la máxima altura. En términos generales este tipo de lanzamiento en baloncesto, se puede considerar como un lanzamiento en salto con carrera previa, el cual se ejecuta durante la fase de vuelo. El objetivo del salto es doble, por un lado conseguir la máxima altura del centro de gravedad (CG) y, consecuentemente, lanzar el balón en el punto más alto posible y más cercano a la canasta, y por otro lado imprimir al balón cierta velocidad tangencial.

Siguiendo a Hay (1994), la altura en la que el jugador lanza el balón se puede considerar como la suma de tres alturas diferentes (Figura 14):

- a) Altura del centro de gravedad (CG) en el instante de perder contacto con el suelo ( $H_1$ ).
- b) Altura que se eleva el CG durante el vuelo ( $H_2$ ).
- c) Altura comprendida entre el CG y el balón en el instante de soltarlo ( $H_3$ ).



**Figura 14.-** Representación gráfica de las diferentes alturas relacionadas con la altura de salida del balón.



El porcentaje más elevado corresponde a la altura que tiene el CG en el instante de perder contacto con el suelo ( $H_1$ ). Esta altura está determinada básicamente por dos factores: a) Los parámetros antropométricos del lanzador y b) la posición adoptada, la cual se puede concretar en una completa extensión de las piernas, cuerpo perpendicular al suelo y una posición elevada de los brazos (Hay, 1994). Con respecto a  $H_3$ , está igualmente condicionada a los parámetros antropométricos y las posiciones adoptadas en el instante de soltar el balón, resumidas en una extensión completa del tronco y del brazo del lanzamiento, así como una posición perpendicular al suelo.

La altura que, en cierto modo, puede verse modificada en mayor grado por el entrenamiento es la alcanzada por el CG durante el vuelo ( $H_2$ ) ya que, siguiendo a Hay (1994), la determina la componente vertical de la velocidad en el instante de perder contacto con el suelo ( $V_y(B1)$ ), factor que depende de las condiciones de batida y la cantidad de Impulso de componente vertical que se aplique, (Expresión 3).

(E-3)

$$H_2 = \frac{(V_y(B1))^2}{2g}$$

donde  $H_2$  es la altura alcanzada por el Centro de Gravedad durante el vuelo,  $V_y(B1)$ , la velocidad de componente vertical al final de la aplicación de fuerzas y  $g$  toma el valor de la aceleración de la gravedad.

El segundo criterio de eficacia es lanzar en el menor tiempo posible (Pinotti, 1992). Para ello, y siguiendo a Gutiérrez, 1992, el lanzamiento, se ha dividido en cuatro fases secuenciales (Figura 15) con características y objetivos diferenciados:

- a) Tiempo de carrera, que comienza cuando el jugador recepciona el balón y tras un apoyo previo o sin él, finaliza con la toma de contacto del primer pie en el suelo para aplicar fuerzas contra el suelo para saltar.
  
- b) Tiempo de impulso de frenado, que se ha definido como el período de tiempo comprendido desde que toma contacto el primer pie con el suelo hasta que el jugador consigue la máxima flexión de la rodilla correspondiente a la pierna que tomó contacto con el suelo en primer lugar.
  
- c) Tiempo de impulso de aceleración, definido como el período de tiempo comprendido desde que se consigue el máximo ángulo de flexión de la rodilla hasta que pierde contacto con el suelo.
  
- d) Tiempo de vuelo: comprendido desde que despega los pies del suelo hasta que lanza el balón.

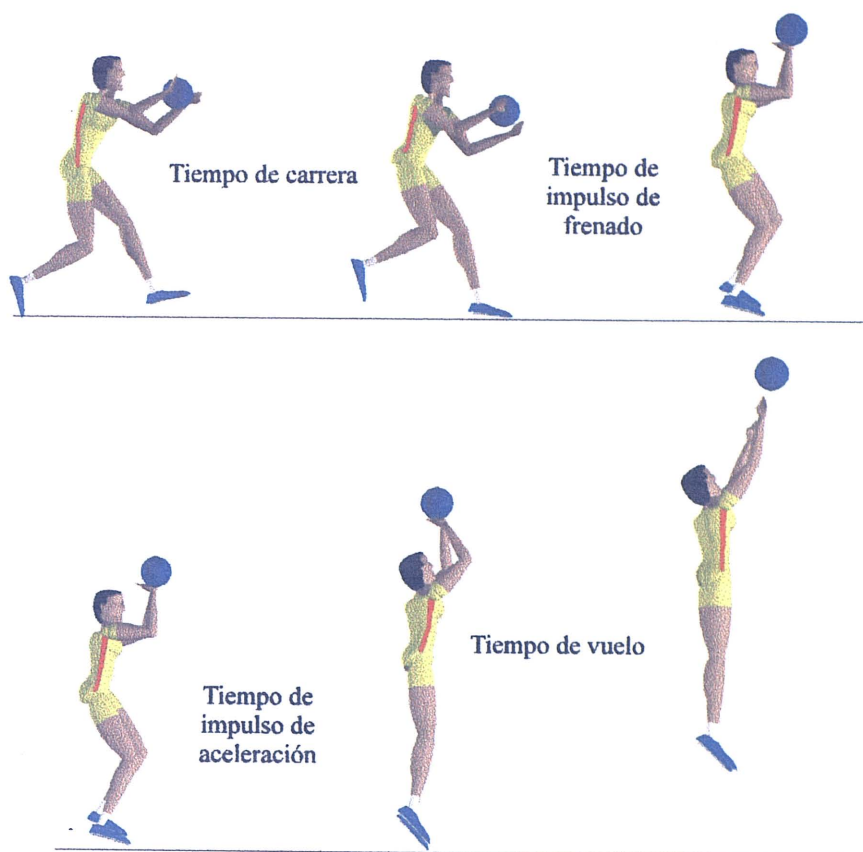


Figura 15.- Representación de las fases del lanzamiento en salto tras carrera en baloncesto según Gutiérrez (1992).

Aunque las diferencias son notables, el propósito de una fase tiene mucho que ver con objetivos que deben cumplirse en la siguiente, así en la carrera es preparar las condiciones óptimas de la batida, la del impulso de frenado aplicar las fuerzas necesarias para frenar el desplazamiento horizontal del CG y el impulso de aceleración aplicar las fuerzas necesarias para subir el CG lo más alto posible, y en la fase de vuelo, establecer las condiciones óptimas para desarrollar la cadena cinética y conseguir una velocidad y trayectoria del balón adecuada a las condiciones externas.

Durante cualquier salto vertical que tiene el propósito de alcanzar una altura máxima, la componente vertical de la velocidad debe de cambiar desde unos valores que inicialmente se aproximan a cero hasta un valor relativamente alto, es decir, será necesario que el CG se acelere hacia arriba, lo que supone ejercer una fuerza proporcional de componente vertical.

En términos puramente mecánicos, la fuerza vertical ejercida por el jugador contra el suelo deberá ser lo mayor posible y se deberá de ejercer durante el mayor tiempo posible, ya que el impulso neto tiene una relación directa con la fuerza y el tiempo que dicha fuerza se está aplicando, (Expresión 4).

(E-4)

$$I = F * t$$

donde **I** es el impulso neto, **F**, la fuerza aplicada y **t**, el tiempo durante el cual se ha aplicado dicha fuerza.

Analizando el tiempo de carrera, al margen de otras consideraciones tácticas en las que podría implicarse la carrera previa, si el objeto técnico de la batida es obtener un gran impulso vertical neto, parece sorprendente que se considere como criterio de eficacia la velocidad de componente horizontal al final de la carrera, cuando físicamente la velocidad de componente horizontal no puede convertirse en componente vertical si no se aplica una fuerza en este sentido. Por lo tanto, intentaremos justificar que una carrera rápida ayuda a aumentar la fuerza vertical ejercida contra el suelo.

Cuando se apoyan los pies delante del cuerpo durante el impulso de frenado, las fuerzas radiales que el suelo ejerce sobre el jugador hacen que los músculos extensores de la rodilla actúen de forma excéntrica, resistiéndose a la flexión de la pierna (impulso de frenado). La tensión desarrollada por los músculos extensores de las piernas, en estas condiciones, depende de la velocidad de estiramiento del músculo, y cuanto mayor sea ésta, la tensión desarrollada por el músculo también será mayor (Komi, 1984; Lees y Graham-Smith, 1996).

Siguiendo a Hochmuth, (1973) la integral de la función de fuerza/tiempo durante la aplicación de fuerzas, representa la magnitud del impulso, (Expresión 5). Cuanto mayor sea la integral, es decir, mayor superficie acotada por la curva fuerza-tiempo, tanto mayor resulta la modificación del impulso y, consecuentemente, la altura alcanzada por el CG. Atendiéndonos a este preámbulo, cuando se realiza un impulso de frenado previo al impulso de aceleración existe un incremento de la integral del Impulso de Aceleración, lo que Hochmuth denominó Principio de fuerza inicial, el cual se representa en la Figura 16.

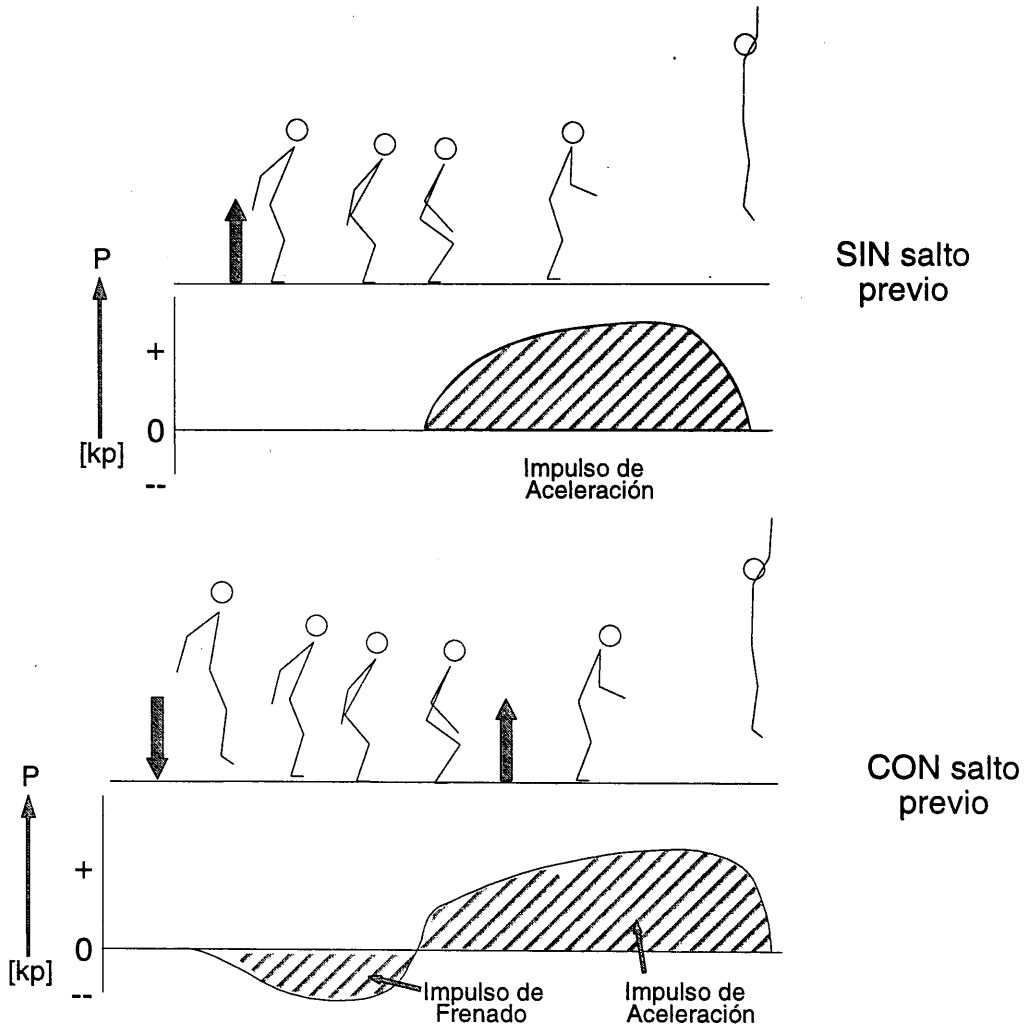


Figura 16.- Representación del Principio de Fuerza Inicial expresado por Hochmuth (1973).



(E-5)

$$\int_{t_1}^{t_2} F_{(t)} dt = m (v_2 - v_1)$$

Expresión que define el impulso neto durante un salto vertical. Donde  $t_1$  y  $t_2$ , corresponden al tiempo inicial y al final de la aplicación de fuerza, respectivamente,  $F_{(t)}$ , fuerza aplicada durante el tiempo  $(t_2-t_1)$ ,  $m$ , la masa del jugador y  $v_1$  y  $v_2$ , las velocidades del Centro de Gravedad al comienzo y al final de la aplicación de fuerzas, respectivamente.

Otros autores, como Cavagna et al. (1965), con una formación más fisiológica que mecánica, observaron que existe un incremento de fuerza durante la contracción concéntrica después de realizar un preestiramiento del músculo, siempre que el tiempo de acoplamiento entre el estiramiento y acortamiento sea mínimo. Estos resultados, junto a las investigaciones llevadas a cabo por Hill (1922), Komi (1984) y Bosco (1985), entre otros, han fundamentado la teoría de que el estiramiento activo produce un aumento en la tensión muscular, lo que estos autores han denominado Ciclo Estiramiento-Acortamiento.

Tanto los estudios llevados a cabo por Komi (1984), constatando que existe un incremento en la tensión muscular cuando aumenta la velocidad de estiramiento, como la teoría mecanicista expresada por Hochmuth (1973), y el beneficio que supone el Ciclo Estiramiento-Acortamiento, junto con la actividad muscular refleja (Reflejo Miotático), ponen de manifiesto que un impulso de frenado o preestiramiento activo del músculo aumenta la fuerza que los pies ejercen contra el suelo, hecho que está íntimamente relacionado con la cantidad de movimiento o velocidad de desplazamiento horizontal del jugador al principio de la aplicación de fuerzas. Lo que supone que un incremento de la componente horizontal al final de la carrera  $V_x(B0)$  produce, a su vez, un incremento de la fuerza que los pies ejercen contra el suelo y, consecuentemente, un mayor impulso neto de componente vertical.

Si la altura alcanzada por el CG durante el vuelo ( $H_2$ ) depende de la velocidad vertical al final de la batida ( $V_y(B1)$ ), como se deduce de la expresión 3, para producir un incremento en este factor es necesario aplicar una fuerza de componente vertical que haga posible un cambio de velocidad o aceleración durante la batida. En este sentido la velocidad vertical al final de la batida ( $V_y(B1)$ ) la define la expresión 6.

(E-6)

$$V_y(B1) = V_y(B0) + \frac{\int_{t_1}^{t_2} (F_y - W)_{(t)} dt}{m}$$

donde  $V_y(B1)$  es la velocidad de componente vertical del CG al final de la aplicación de fuerzas,  $V_y(B0)$  la componente vertical de la velocidad instantes antes de comenzar la aplicación de fuerzas,  $t_1$  y  $t_2$ , el intervalo de tiempo,  $F_y$  la fuerza de reacción de componente vertical durante el tiempo  $(t_1-t_2)$ ,  $W$  y  $m$ , el peso y masa del jugador, respectivamente.

Cuando  $V_y(B0)$  tiene un valor negativo,  $V_y(B1)$  disminuye, mientras que si  $V_y(B0)$  es positivo,  $V_y(B1)$  se incrementa. Sería lógico pensar que cuanto más positivo sea el valor de la componente vertical de la velocidad al principio de la aplicación de fuerzas, mejor será el resultado del salto, pero esto no es del todo cierto, ya que para conseguir un valor positivo en  $V_y(B0)$  es necesario elevar el CG durante el impulso de frenado, lo que supone estar relativamente alto al final de esta fase, hecho que disminuiría el tiempo de aplicación de fuerzas durante el impulso de aceleración.

Según la expresión 4, el incremento del tiempo de aplicación de fuerzas supone, a su vez, un incremento del impulso neto. Para aumentar el tiempo durante el cual se está ejerciendo fuerza vertical sobre el cuerpo, es necesario que el CG pase por un largo recorrido vertical durante el impulso de aceleración.

Esto solo se puede conseguir haciendo que el CG esté bajo al final del impulso de frenado y alto al final del impulso de aceleración, aunque se debe de considerar que la altura conseguida por el CG al final de la aplicación de fuerzas está muy condicionada por los parámetros antropométricos y posición adoptada por el jugador.

Como se ha podido constatar, el hecho de bajar más supone un incremento teórico del impulso vertical, pero también supone mayor tiempo total de la secuencia del lanzamiento, lo que facilitaría la acción de oposición del jugador contrario. Este hecho junto al posible incremento de los valores negativos de la componente vertical durante el impulso de frenado y las investigaciones llevadas a cabo por Perrine y Edgerton (1978), donde se pone de manifiesto que el músculo en actividad concéntrica tiene un tiempo a partir del cual se reduce la posibilidad de seguir desarrollando tensión, nos hacen pensar que un gran impulso vertical debería producirse a expensas de frenar la velocidad de componente horizontal, desarrollada durante la carrera previa, más que bajando excesivamente el CG.

El principal factor a tener en cuenta en la postura adoptada al final de la carrera, es la posición retrasada del CG con respecto a los pies de apoyo, ya que tiene tres consecuencias positivas:

- a) Aumenta las fuerzas de reacción durante el impulso de frenado, aunque se debe tener en cuenta que cuando los valores de la velocidad de componente horizontal al final de la carrera son pequeños, habrá muy poca velocidad que frenar y puede resultar negativo adelantar excesivamente las piernas con respecto al CG.
- b) Se consigue estar con el CG más bajo al final de la carrera.
- c) El hecho de que el CG deba estar retrasado con respecto a los dos pies facilita que el segundo apoyo se realice en un tiempo más pequeño, con respecto al primer apoyo, durante el impulso de frenado.

El tiempo de carrera, está condicionado por el modelo de parada que realiza el jugador previo al lanzamiento. Para ello vamos a analizar los factores temporales que inciden sobre el tiempo de carrera.

En primer lugar, el jugador tras su carrera puede recepcionar el balón con un pie en apoyo o ambos en fase aérea. La recepción del balón teniendo ambos pies en el aire, implica que el jugador necesita un tiempo para tomar contacto con el suelo y poder comenzar la aplicación de fuerzas contra el suelo, mientras que la recepción del balón con un pie en apoyo, el jugador puede empezar la aplicación de fuerzas en ese momento, pudiendo tener el tiempo de carrera un valor cero.

En segundo lugar, y en función de las reglas oficiales de baloncesto (F.I.B.A., 1994), el jugador tras recibir el balón, puede realizar tres tipos diferentes de paradas: tomar contacto con ambos pies simultáneamente, tomar contacto con un pie en el suelo para pivotar sobre éste orientando el otro pie hacia

la canasta, o en tercer lugar avanzar saltando con el primer apoyo, cayendo con ambos pies simultáneamente. En estos tres casos el menor tiempo de carrera recaerá sobre el primer o segundo caso, y en el tercer caso siempre será mayor.

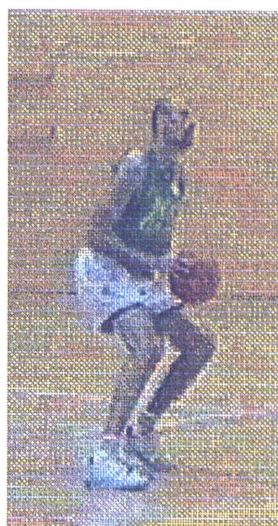
Así pues, el tiempo de carrera depende de la recepción del balón en fase aérea o en apoyo, y si el primer apoyo se realiza con el fin de aplicar fuerza para saltar o avanzar, en este sentido hemos definido dos tipos de parada:

- Parada simultánea: En la que el jugador, tras la recepción y tras un apoyo previo o sin él comienza a aplicar fuerza contra el suelo con ambos pies a la vez.
- Parada alternativa: En la cual, el jugador, tras la recepción, comienza a aplicar fuerza contra el suelo con una pierna seguida del apoyo de la otra. En la Figura 17 se representan los dos tipos de parada mencionados.

La siguiente fase se corresponde al impulso de frenado, que se considera al período de tiempo durante el cual los pies empujan contra el suelo para obtener unas fuerzas de reacción que le permitan frenar la cantidad de movimiento desarrollado durante la carrera o el descenso del CG. Siguiendo a Gutiérrez (1992), comprende un período de tiempo que se inicia con la toma de contacto del pie en el suelo, al final de la carrera, hasta que se alcanza la máxima flexión de la rodilla.

En cierto modo, y debido a la relación de los factores que determinan cada una de las fases, al justificar los parámetros de la carrera se ha hecho referencia a ciertos criterios de eficacia que implican al impulso de frenado. Se debe tener en cuenta que todos los factores señalados en el análisis de la carrera se justifican por la influencia que tienen sobre las siguientes fases.

### A.- PARADA ALTERNATIVA



### B.- PARADA SIMULTANEA

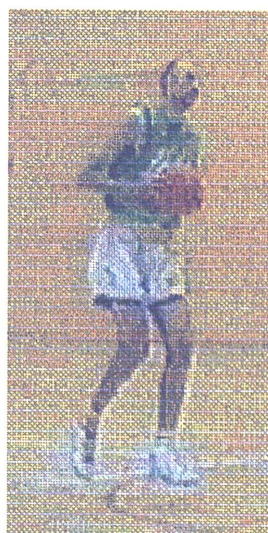
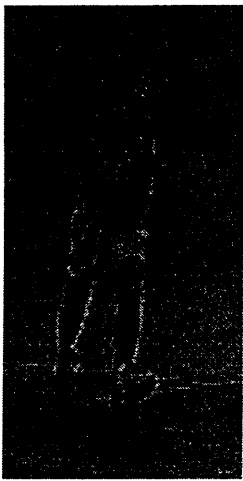


Figura 17.- Representación esquemática de los tipos de parada que puede realizar el jugador para lanzar canasta; (A) parada alternativa, (B) parada simultánea.

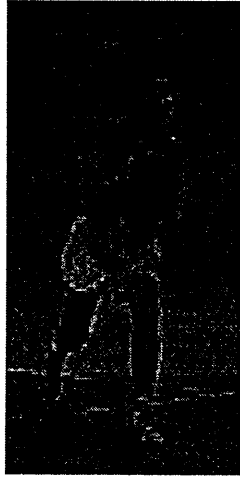
Atendiendo al análisis temporal, durante esta fase se identifican tres períodos diferentes; para el primero de ellos se ha utilizado la terminología propuesta por Dapena y Chung (1988) para el salto de altura, el Impacto Inicial, donde las fuerzas radiales adquieren un valor relativo muy alto, dependiendo de la cantidad de movimiento adquirido durante la fase de carrera, seguido de un período caracterizado por un solo apoyo donde continua desacelerándose la componente horizontal de la velocidad con un trabajo muscular excéntrico y, por último, un período de doble apoyo que posee las mismas características que el anterior, aunque supone un preestiramiento, Fuerza Inicial y participación refleja de la pierna que recepciona más tarde. En la Figura 18 se muestran cada uno de estos períodos.

Considerando que el propósito de la fase de impulso de frenado es crear una preactivación de los músculos extensores de la rodilla con el fin de conseguir un mayor impulso neto de componente vertical durante la fase de impulso de aceleración, sería conveniente que dicha preactivación se realizase simultáneamente en las dos piernas, reduciéndose todo lo posible el período de un solo apoyo. La reducción del tiempo en que el jugador está en un solo apoyo, además de aumentar la preactivación comentada en las dos piernas, se evita un descenso excesivo del CG que incrementaría el valor negativo de la componente vertical de la velocidad al iniciarse el impulso de aceleración, algo que no es deseable.

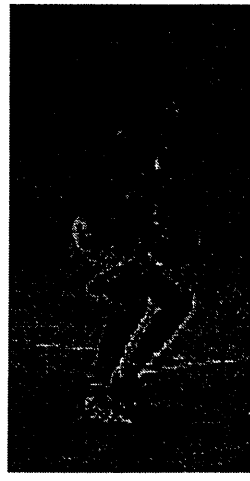
Se debe de tener en cuenta que una velocidad de componente horizontal no se transforma en vertical de forma gratuita, es necesario que se aplique una fuerza vertical. En el apartado que se dedica a la velocidad horizontal al final de la carrera se justifica que una carrera rápida ayuda a aumentar la fuerza de componente vertical, pero para que esto ocurra, la velocidad de componente



Fase de Impacto  
Inicial



Fase de Apoyo  
Simple



Fase de Apoyo  
Doble

**Figura 18.-** Representación gráfica de las fases correspondientes al impulso de frenado, (Dapena y Chung, 1988)



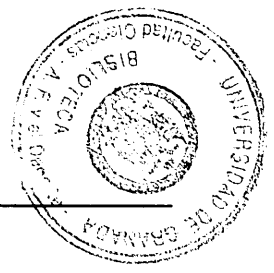
horizontal debe de reducirse durante el impulso de frenado, lo que produce varios efectos positivos:

- a) Una mayor tensión muscular al incrementarse la velocidad de estiramiento (Komi, 1984).
- b) Una mayor fuerza vertical antes de comenzar el impulso de aceleración.
- c) Una mayor participación del ciclo estiramiento/acortamiento.
- d) Una mayor activación refleja.

Todos estos aspectos positivos señalan como pueden generar los músculos extensores de las piernas más fuerza para producir un mayor impulso neto de componente vertical, pero es lógico pensar que esto debe ocurrir en las dos piernas, es decir, debe existir una participación activa de las dos piernas durante el mayor tiempo posible del impulso de frenado, por lo que el período de un solo apoyo debería reducirse todo lo que sea posible. Para ello, durante la fase de vuelo del último paso el pie retrasado debe dirigirse hacia delante, con gran similitud a lo que realiza el lanzador de jabalina.

Cuando la velocidad de componente horizontal es pequeña, la preactivación muscular se realiza a expensas de bajar el CG durante esta fase, lo que hace que la componente vertical de la velocidad adquiera unos valores negativos muy altos antes de comenzar el impulso de aceleración. Este hecho supone un beneficio para la preactivación muscular pero, según la expresión 6, resulta negativo para la velocidad de componente vertical al final del impulso de aceleración.

Anteriormente se ha explicado como pueden ejercerse fuerzas durante la batida utilizando una carrera rápida y un buen recorrido vertical del CG, pero



también existe otra posibilidad no menos importante: la participación segmentaria, especialmente la acción de los brazos. Este hecho se puede explicar utilizando el Teorema del Centro de Masas: Si se considera al cuerpo del jugador como un sistema compuesto por quince segmentos con interacción mutua y en contacto con el suelo a través de las piernas, las aceleraciones de componente vertical producidas por el CG tienen una relación directa con las masas y las aceleraciones de componente vertical producidas por cada segmento e inversa con la masa total del cuerpo del jugador, según se expresa en la expresión 7.

(E-7)

$$a_{y(CG)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} m_{(i)} a_{y(i)}}{\sum_{i=1}^{i=15} m_{(i)}}$$

donde  $a_{y(CG)}$  corresponde a la aceleración producida por el CG,  $m_{(i)}$  las masas segmentarias y  $a_{y(i)}$  las aceleraciones de cada uno de los quince segmentos corporales.

Los brazos y el balón suponen siete de los quince segmentos corporales, con una masa que constituye entre el 10,3 y el 10,5% de la masa total del jugador (Clauser et al., 1969 y de Leva, 1996), la cual se puede acelerar hacia arriba contribuyendo en gran medida a la aceleración vertical del CG durante la batida.

Los trabajos de Dapena y Chung (1988), Dapena et al., (1990) y Lees y Barton (1996), ponen de manifiesto la importancia que tienen, para el resultado del salto las acciones de los segmentos que pueden acelerarse hacia arriba.

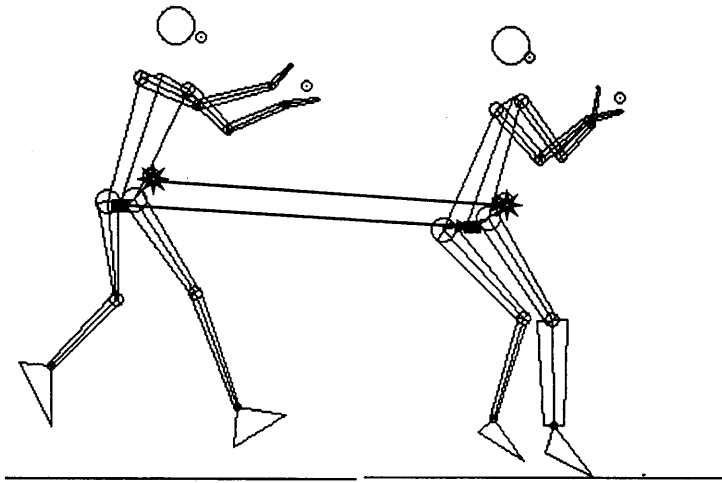
Estos mismos autores, apoyándose en los trabajos de Hill (1922), Komi, (1984) y Perrine y Edgerton (1978), consideran que la acción segmentaria, especialmente tronco y brazos, tiene un efecto favorable sobre el ciclo estiramiento/acortamiento de la musculatura extensora de las piernas.

Durante la batida, la acción activa hacia delante y arriba de los brazos contribuyen a que el CG incremente su distancia con respecto a la cadera, lo que supone un desplazamiento del CG hacia delante y arriba más rápido que el producido en la cadera (Figura 19). Este hecho hace que las piernas tengan que soportar mayores fuerzas radiales hacia abajo.

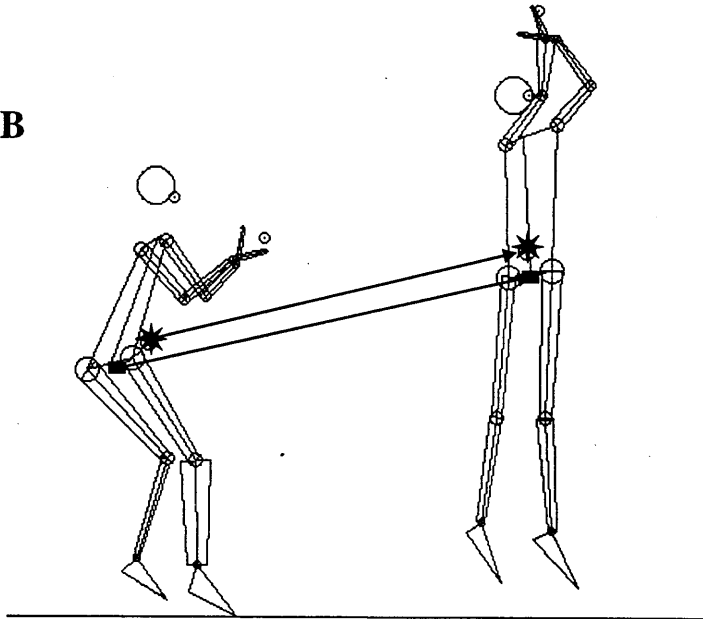
El incremento de las fuerzas comprensivas hacia abajo hace que el músculo aumente su velocidad de estiramiento durante el período de impulso de frenado y que la velocidad de acortamiento sea más lenta durante el impulso de aceleración (Figura 19). Dos condiciones que permiten al músculo incrementar su tensión (Komi, 1984). Consecuentemente para hacer una buena acción de brazos, se deben acelerar fuertemente los dos brazos y balón hacia delante y hacia arriba durante la batida.

La efectividad independiente de los brazos y balón pueden evaluarse cuantificando el cambio máximo de velocidad de componente vertical con respecto al tronco, aunque se debe tener en cuenta el período de tiempo durante el cual se produce dicho cambio ( $t_1-t_0$ ), según Dapena y Chung (1988), o utilizando la interpretación del momento relativo propuesto por Lees y Barton (1996). En este sentido, si el cambio de velocidad de componente vertical es muy rápido y comienza instantes después del impacto inicial, cuando la distancia radial entre el CG y la articulación de la cadera es mínima, se habrá conseguido una actividad excéntrica más rápida durante la fase de impulso de frenado, lo que significa aumentar la tensión en esas condiciones.

A



B



\* Centro de gravedad  
■ Cadera

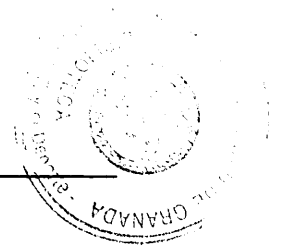
**Figura 19.-** Representación gráfica de los desplazamientos radiales del CG y el punto que define la cadera durante la batida: a) durante los primeros instantes de la batida y b) durante el período comprendido desde la mínima cota vertical del Cg. hasta el final de la batida.

La siguiente fase desde el punto de vista temporal, corresponde con el impulso de aceleración, considerándose al período de tiempo durante el cual los pies empujan contra el suelo para obtener unas fuerzas de reacción de componente vertical que le permitan acelerar el CG hacia arriba. Comprende un período de tiempo que comienza cuando se alcanza la máxima flexión de la rodilla correspondiente al pie que en primer lugar tomó contacto con el suelo hasta que el último pie pierde contacto con el suelo.

Uno de los principales objetivos de esta fase es obtener, al final de ella, los valores máximos de velocidad de componente vertical, ya que la altura máxima alcanzada por el CG durante el vuelo está condicionada por  $V_y(B1)$ , como se deduce de la expresión 3.

Un valor alto en la componente horizontal del CG supone algunos aspectos negativos:

- a) En el caso de no haber reducido la componente horizontal de la velocidad durante la fase de impulso de frenado, refleja que no se ha producido adecuadamente la preactivación muscular y en el caso de incrementar la componente horizontal durante el impulso de aceleración se reduciría la componente vertical, algo no muy recomendable, ya que se reduce la altura del salto y consecuentemente aumenta la distancia a la canasta.
- b) Existe el peligro de cometer falta en ataque y desestabilizar el lanzamiento.



Se ha comentado que una buena acción de brazos supone acelerarlos fuertemente hacia delante y hacia arriba, y que dicha aceleración comienza instantes después del Impacto Inicial del impulso de frenado, cuando la distancia radial entre el CG y la cadera de la pierna de batida es mínima. Esto significa, una gran aceleración hacia arriba de los segmentos implicados, que no es posible mantener durante un tiempo demasiado largo. Para que los brazos puedan seguir contribuyendo al incremento de las fuerzas que empujan contra el suelo deben mantener constante su velocidad hasta el final de la batida. Al margen del citado efecto positivo, el hecho de mantener los brazos a una velocidad constante después de ser acelerados, tiene otros tres efectos no menos importantes:

- a) Permite que los brazos estén altos al final de la batida, contribuyendo a que el CG también esté alto, (Expresión 8).
- b) Contribuye a que la velocidad del CG al final del impulso de aceleración o principio de la fase de vuelo sea mayor, entre otras razones porque cuando comienza la fase de vuelo, la velocidad del CG está relacionada con las masas y sus velocidades segmentarias.
- c) El desplazamiento del balón por delante del jugador se realiza durante un período de tiempo en el cual el oponente aún no se ha aproximado lo suficiente como para interferir su trayectoria. El problema de esta acción puede estar relacionado con la excesiva extensión de la articulación del codo y flexión del hombro en el instante del despegue, lo que supondría tener que flexionarlos ligeramente durante la fase de vuelo para colocarlos en la postura del lanzamiento.

(E-8)

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} m_{(i)} y_{(i)}}{\sum_{i=1}^{i=15} m_{(i)}}$$

donde Y corresponde a la posición vertical del CG,  $m_{(i)}$  las masas segmentarias e  $y_{(i)}$  las posiciones segmentarias.

El tercer criterio de eficacia se define como lanzar con la velocidad, estabilidad y orientación adecuada, para ello es necesario analizar la velocidad y el desplazamiento horizontal del CG, la angulación de los segmentos corporales en las distintas fases del gesto y la velocidad y el ángulo de salida del balón como define la ecuación de los proyectiles, (Expresión 9).

(E-9)

$$D = \frac{V^2 \sin \alpha \cos \alpha + V \cos \alpha \sqrt{(V \sin \alpha)^2 + 2gh}}{g}$$

donde D es la distancia recorrida por el balón, V la velocidad de salida,  $\alpha$  el ángulo de salida del balón, g la fuerza de la gravedad y h la diferencia de altura entre el aro y el balón en el momento de salir de la mano del jugador.

## **1.6.- Objetivos**

- 1.- Valorar desde una perspectiva interdisciplinar de la biomecánica y el comportamiento motor, interrelacionando ambas disciplinas mediante la relación causa-efecto, las características del lanzamiento en salto.
- 2.- Describir el grado de consistencia temporal del gesto que posee la muestra seleccionada, atendiendo al análisis de la estructura temporal de cada lanzamiento.
- 3.- Deducir el comportamiento motor del jugador de baloncesto en situación real, analizando la importancia de la variabilidad contextual, determinada por la presencia de un oponente y el modelo de parada, como factores interactuantes sobre las variables biomecánicas.
- 4.- Conocer las características de la cadena cinética del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto, y deducir los factores biomecánicos comunes a todos los lanzamientos ejecutados.
- 5.- Creación de un soporte lógico que permita valorar la cadena cinética del lanzamiento a canasta, mediante el registro de la evolución de la energía cinética segmentaria.



## 2.- Método

## **2.- MÉTODO**

### **2.1. Características generales del método**

En Biomecánica Deportiva, cuando no se conocen con exactitud las causas que producen el movimiento o gesto deportivo, se recurre al método inverso, mediante el cual se realiza una descripción, cuantificando ciertas variables mecánicas, con el objetivo de deducir las causas que lo producen, y establecer las ecuaciones necesarias que relacionan el gesto objeto de análisis con dichas variables (Gutiérrez, 1990).

El propósito de la presente tesis es la cuantificación de las variables que determinan los criterios de eficacia que definen el lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto. Para la cuantificación de las variables, se han utilizado técnicas de análisis fotogramétricas de video tridimensionales, permitiéndonos obtener tanto las coordenadas espaciales, como representar gráficamente el gesto tridimensionalmente. Para ello se ha realizado la filmación del gesto desde dos localizaciones espaciales diferentes y posterior computerización de las imágenes.

La computerización de las imágenes, se ha desarrollado mediante un sistema de registro indirecto, ubicado fuera del sistema biológico de estudio. Este sistema de registro es uno de los más aplicados en la Biomecánica Deportiva, ya que su utilización hace posible el análisis del movimiento en condiciones competitivas sin que el atleta se vea afectado (Plagenhoef, 1971), aunque la digitalización de las imágenes se realice de forma manual con el lógico error

aleatorio que representa la no automatización del proceso. Por otro lado, la utilización de registros directos basados en sistemas de visión artificial y de reconocimiento inteligente de marcadores corporales activos y/o pasivos de forma automatizada, reducen el error aleatorio, pero dichos marcadores, colocados sobre el deportista podrían interferir en la ejecución del gesto y restarían similitud con las condiciones de competición (Gutiérrez, 1990 y Soto, 1995).

La aplicación del método inverso y obtención de los datos, a través de registros externos al sistema, con el propósito de analizar las causas que producen el movimiento, es posible cuando se estudian gestos deportivos que cumplen una serie de requisitos sin los cuales el análisis podría verse dificultado o carecer de validez (Gutiérrez, 1990 y Soto, 1995):

En primer lugar, el control de contingencias externas, (variables contaminadoras), es algo inherente en cualquier estudio que pretenda ser abordado mediante el método científico. Por esta razón la mayor parte de los estudios biomecánicos, se han centrado en *gestos discretos*, (gestos con un principio y fin perfectamente delimitados que no impliquen procesos atencionales ni retroalimentación durante su propia ejecución). Tal sería el caso de gestos de tipo balístico como lanzamientos, golpes o gestos cíclicos como carrera, marcha, ciclismo, natación, etc, los cuales pueden ser analizados en competición sin la interferencia de otras variables.

Sin embargo, las habilidades deportivas implícitas en deportes colectivos, al ser habitualmente de *gestos abiertos*, están sometidas a todo tipo de reaferecias, contingencias externas, y mecanismos atencionales. El análisis de habilidades de este tipo de gestos, implican una dificultad que, si no es controlada, puede invalidar el análisis debido a la gran cantidad de variables implícitas que

pueden afectar la ejecución del gesto. Por ello, el lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto, es un gesto técnico utilizado en muy diferentes situaciones de juego por lo que su ejecución está mediatizada por una multitud de variables que impiden un análisis repetido del mismo gesto técnico en la competición. Por ello, y para controlar toda esta serie de variables, es necesario analizar este gesto mediante un protocolo que se asemeje a la competición, donde se controlen las variables manipuladas y se mantengan constantes aquellas que inciden en él pero que no interesan medir.

En segundo lugar, el gesto deportivo debe poseer la máxima estabilidad en su ejecución. En nuestro caso, los resultados podrían tener poca validez si la ejecución se hubiese visto afectada por algún comportamiento aleatorio, lo que podría suceder si el gesto no estuviera suficientemente automatizado, es decir, no fuese consistente temporalmente. El grado de consistencia del *programa motor* en este gesto lo hemos obtenido a partir de una primera actuación de investigación que nos ha permitido comprobar la desviación típica de los tiempos de movimiento al ejecutar de forma repetida el mismo gesto en las mismas condiciones de aplicación (Newel et al., 1979). Este problema creemos haberlo resuelto, utilizando como muestra jugadores de baloncesto del máximo nivel profesional especialistas en el lanzamiento, con experiencia en el ámbito competitivo y con un estricto protocolo en cuanto que solicita al jugador unas prestaciones físicas y ejecución del modelo con unas características determinadas.

En tercer lugar, el grado de activación del deportista debe ser estabilizado y controlado, por ello siempre que es posible, los estudios biomecánicos se realizan sobre un modelo físico real (en competición), y no sobre modelos físicos contruidos (en entrenamiento o laboratorio) ya que el nivel de activación

es diferente en ambos contextos. Las situaciones de activación competitiva óptima, permiten mantener constante y en su intensidad apropiada la fuerza muscular y, consecuentemente, eliminar el posible error contaminante producido por la variabilidad en el nivel de fuerza muscular, debido a un fluctuante nivel de activación. En nuestro caso, al tratarse de un deporte colectivo donde las condiciones de aplicación del objeto de estudio varían constantemente en función de las características del juego, se ha establecido un protocolo que reproduzca con la máxima fidelidad la situación real de juego, y donde a través del protocolo se establezca un nivel de activación estable, que si bien no puede considerarse de competición, al menos debe catalogarse como no contaminante.

Por otro lado, durante la ejecución del protocolo hemos creído conveniente que éste no debía ser excesivamente coactivo, dando libertad para la utilización del modelo de parada que cada jugador considerase oportuno, ya que el modelo de parada utilizado en cada lanzamiento depende de factores externos, toma de decisión, tiempo de recepción del balón, y los propios de la historia previa de cada jugador. Se analizaron los jugadores que optaron por dos tipos de parada, *alternativa* o *simultánea*, siendo éste un condicionante en las estrategias de investigación planteadas.

De esta manera, mediante el control experimental de las contingencias, de la forma que hemos mencionado, creemos haber solucionando el posible problema experimental de validez interna que presenta el análisis biomecánico de gestos de bucle cerrado. Esto nos ha permitido afirmar que la variación observada en las variables dependientes, ha sido causada por la variación introducida en la variable independiente, y de este modo alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación.

Según los problemas expuestos, y en función de los objetivos planteados en el apartado anterior, nos hemos planteado cuatro actuaciones de investigación, siendo el protocolo, las técnicas instrumentales, y el material utilizado los mismos en las cuatro actuaciones de investigación:

1º) La primera actuación de investigación tiene como objetivo valorar el grado de automatización del gesto mediante un análisis temporal a través de un diseño intrasujeto que nos permita comprobar la consistencia temporal en cada una de las fases implícitas en el gesto. Este primer estudio nos ha posibilitado determinar si se soluciona uno de los problemas de la validez interna que planteábamos anteriormente en cuanto al grado de consistencia temporal del gesto.

2º) En la segunda actuación de investigación se ha determinado la influencia de dos variables, A (tipo de parada) y B (oposición), sobre los factores temporales. Para ello, se ha utilizado un diseño intrasujeto con cinco replicaciones.

3º) La tercera actuación está relacionada con una investigación, donde se analiza el efecto de la variable B (oposición) sobre los factores biomecánicos, bloqueando el modelo de parada, siendo en todos los casos alternativa.

4º) En la cuarta actuación de investigación, con las mismas características que el estudio anterior, se ha bloqueado el modelo de parada, siendo en todos los casos parada simultánea.

## **2.2. Sujetos**

La muestra que se ha utilizado para realizar esta investigación ha estado compuesta por 14 jugadores profesionales de baloncesto pertenecientes a la liga A.C.B. (Asociación de Clubs de Baloncesto) que se han ofrecido voluntariamente para participar en el mismo. Todos ellos diestros y especialistas en lanzamientos de media y larga distancia, con una edad media de 23.36 años ( $\pm 2.64$ ), talla media de 1.95 m ( $\pm 0.08$ ) y un peso medio de 92.43 Kg ( $\pm 11.32$ ). Los lanzamientos seleccionados han sido todos aquellos que han acabado en enceste durante la sesión de filmación, manteniendo las características protocolarias fijadas previamente. En la Tabla 4, se presentan las características de todos los sujetos experimentales.

### **2.2.1. Muestra seleccionada para la primera actuación de investigación**

La muestra para este experimento ha sido seleccionada al azar entre la muestra total, aunque estaba condicionada a que los sujetos realizasen el gesto en una situación sin oposición y con el mismo modelo de parada. En este sentido, se han seleccionado los sujetos 5 y 13, los cuales realizaban más asiduamente parada simultánea y los sujetos, 6 y 8, los cuales ejecutaban usualmente la parada alternativa. En la Tabla 5, se presentan las características de los sujetos de esta investigación.

### **2.2.2. Muestra seleccionada para la segunda actuación de investigación**

Al ser un diseño intrasujeto donde se pretende comprobar el efecto de las variables A (tipo de parada) y B (oposición), la muestra seleccionada ha estado formada por los sujetos 2, 6, 7, 12 y 14, los cuales han utilizado los dos modelos

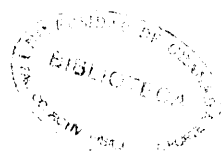
de parada en ambas situaciones de oposición y no oposición. En la Tabla 6, se detallan las características de los sujetos de esta investigación, así como el número de lanzamientos analizados en cada situación experimental.

### **2.2.3. Muestra seleccionada para la tercera actuación de investigación**

En este caso, la muestra seleccionada ha estado confeccionada por los sujetos 1, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12 y 14, de los cuales se han analizado los lanzamientos utilizando el modelo de parada alternativa en las dos situaciones de oposición y no oposición. En la Tabla 7, se reflejan las características de los sujetos de esta investigación y el número de lanzamientos analizados.

### **2.2.4. Muestra seleccionada para la cuarta actuación de investigación**

En este último caso, los sujetos experimentales 5, 9, 10 y 13, han compuesto la muestra de sujetos, de los cuales se ha analizado el modelo de parada simultánea en las dos situaciones de oposición y no oposición. En la Tabla 8, se reflejan las características de los sujetos de esta investigación, y los lanzamientos analizados.





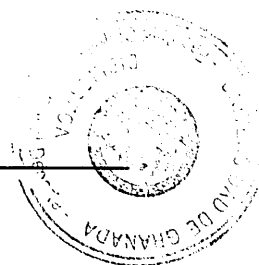
**MÉTODO. Sujetos experimentales**

---

**Tabla 4.-** Características de los jugadores profesionales objeto de estudio.

SUJETOS	TALLA (m)	PESO (Kg)	EDAD (Años)	PUESTO ESPECIFICO	CLUB
1	2.07	110	22	PIVOT	C.B.LEON
2	1.90	85	23	BASE	C.B.LEON
3	1.98	96	26	ALERO	C.B.LEON
4	1.99	99	21	ALERO	C.B.LEON
5	2.00	97	26	ALERO	ESTUDIANTES
6	1.81	75	24	BASE	ESTUDIANTES
7	1.94	92	21	ALERO	ESTUDIANTES
8	1.95	95	22	ALERO	ESTUDIANTES
9	1.80	71	20	BASE	ESTUDIANTES
10	1.99	98	29	ALERO	TAUGRES
11	2.03	102	26	PIVOT	TAUGRES
12	1.88	82	24	BASE	TAUGRES
13	2.03	106	23	PIVOT	TAUGRES
14	1.90	86	20	BASE	TAUGRES

## MÉTODO. Sujetos experimentales



**Tabla 5.-** Muestra correspondiente a la primera actuación de investigación

SUJETOS	TALLA (m)	PESO (Kg)	PUESTO ESPECIF.	CLUB	LANZAMIENTOS CON TIPO DE PARADA	LANZAMIENTOS ANALIZADOS
5	2.00	97	ALERO	ESTUDIANTES	SIMULTANEA	4
6	1.81	75	BASE	ESTUDIANTES	ALTERNATIVA	5
8	1.95	95	ALERO	ESTUDIANTES	ALTERNATIVA	7
13	2.03	106	PIVOT	TAUGRES	SIMULTANEA	8

**Tabla 6.-** Muestra correspondiente a la segunda actuación de investigación y número de lanzamientos analizados en cada situación experimental.

SUJETOS	TALLA (m)	PESO (Kg)	EDAD	PUESTO	CLUB
2	1.90	85	23	BASE	C.B.LEON
6	1.81	75	24	BASE	ESTUDIANTES
7	1.94	92	21	ALERO	ESTUDIANTES
12	1.88	82	24	BASE	TAUGRES
14	1.90	86	20	BASE	TAUGRES

SUJ.	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>
2	3	3	3	4
6	4	4	4	4
7	4	4	4	4
12	4	4	4	3
14	3	3	3	3

A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>: Lanzamientos sin oposición y parada alternativa  
 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>: Lanzamientos con oposición y parada alternativa

A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>: Lanzamientos sin oposición y parada simultánea  
 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>: Lanzamientos con oposición y parada simultánea

**Tabla 7.-** Muestra correspondiente a la tercera actuación de investigación

SUJETOS	TALLA (m)	PESO (Kg)	PUESTO ESPECIFICO	CLUB	TIPO DE PARADA	LANZAMIENTOS ANALIZADOS SIN OPOSICIÓN	LANZAMIENTOS ANALIZADOS CON OPOSICIÓN
1	2.07	110	PIVOT	C.B.LEON	ALTERNATIVA	4	4
3	1.98	96	ALERO	C.B.LEON	ALTERNATIVA	4	4
4	1.99	99	ALERO	C.B.LEON	ALTERNATIVA	4	4
6	1.81	75	BASE	ESTUDIANTES	ALTERNATIVA	4	4
7	1.94	92	ALERO	ESTUDIANTES	ALTERNATIVA	4	4
8	1.95	95	ALERO	ESTUDIANTES	ALTERNATIVA	4	4
11	2.03	102	PIVOT	TAUGRES	ALTERNATIVA	4	4
12	1.88	82	BASE	TAUGRES	ALTERNATIVA	4	4
14	1.90	86	BASE	TAUGRES	ALTERNATIVA	4	4

**Tabla 8.-** Muestra correspondiente a la cuarta actuación de investigación

SUJETOS	TALLA (m)	PESO (Kg)	PUESTO ESPECIFICO	CLUB	TIPO DE PARADA	LANZAMIENTOS ANALIZADOS SIN OPOSICIÓN	LANZAMIENTOS ANALIZADOS CON OPOSICIÓN
5	2.00	97	ALERO	ESTUDIANTES	SIMULTANEA	4	4
9	1.80	71	BASE	ESTUDIANTES	SIMULTANEA	4	4
10	1.99	98	ALERO	TAUGRES	SIMULTANEA	4	4
13	2.03	106	PIVOT	TAUGRES	SIMULTANEA	4	4

## **2.3. Diseño experimental**

### **2.3.1. Características generales del diseño experimental**

Se puede decir que el diseño de una investigación es el conjunto de reglas a seguir por el investigador para obtener observaciones sistemáticas y no contaminadas sobre la posible relación existente entre las variables, permitiendo al investigador comprobar si existen efectos sistemáticos de la variable independiente sobre la dependiente y ayudándole a controlar las potenciales variables contaminadoras (Pereda, 1987).

Cada investigación requiere un modelo especial de diseño que depende de las decisiones previas tomadas por el investigador, en cuanto a la selección de los grupos experimentales, la aplicación de los respectivos tratamientos, y la utilización de determinadas pruebas estadísticas, en función de los propósitos de la investigación. Una buena investigación experimental, se identifica con el empleo de un diseño adecuado, siendo la clave del diseño planear el experimento de tal modo que los efectos de la variable independiente sobre la dependiente se puedan evaluar de forma inequívoca (Underwood, 1957).

En definitiva, el diseño constituye un aspecto importante dentro de la dinámica del trabajo del científico, marcando la estrategia a seguir por el investigador para la adecuada solución del problema que tiene planteado, teniendo como finalidad primordial, permitir al investigador obtener respuestas inequívocas para los objetivos que han dado lugar a la investigación.

En nuestro caso, el diseño de la presente investigación, se divide en cuatro estudios realizados de forma secuencial. Los dos primeros, se corresponden con

un diseño intrasujeto de medidas repetidas que representan un análisis de carácter previo del grado de consistencia de los factores temporales y de la incidencia del modelo de parada y la oposición sobre dichos factores temporales. Posteriormente, se han desarrollado un tercer y cuarto estudio, en los que se ha valorado la incidencia de la oposición sobre el lanzamiento en salto, bloqueando el modelo de parada, identificándose estos estudios, con un diseño de grupo de medidas repetidas.

### **2.3.2. Diseño experimental para la primera investigación**

En un primer lugar, y para valorar la consistencia temporal del gesto se ha desarrollado un diseño intrasujeto de medidas repetidas, en la que cuatro sujetos han realizado repeticiones del gesto, bloqueando el modelo de parada. Los sujetos 5 y 13 han utilizado el modelo de parada simultánea y los sujetos 6 y 8 la parada alternativa, siendo la variable independiente utilizada, el propio paso del tiempo entre las medidas, y las variables dependientes han sido los factores temporales que componen el gesto.

El análisis de los datos se ha realizado a través de un tratamiento estadístico descriptivo consistente en el análisis de medias y desviaciones típicas, un análisis inferencial aplicando la prueba de análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para valorar los efectos de las variables independientes sobre las dependientes.

### **2.3.3. Diseño experimental para la segunda investigación**

El diseño para la segunda investigación, se identifica con un diseño intragrupo donde se manipulan dos variables, con dos niveles cada una de ellas:

La primera variable independiente (A), se identifica con el *modelo de parada* con dos niveles:

El primer nivel de la variable ( $A_1$ ) se corresponde con el *modelo de parada alternativa* mediante la cual el jugador toma contacto con el suelo con un solo pie, seguido del apoyo del segundo pie.

El segundo nivel de la variable ( $A_2$ ) atiende al *modelo de parada simultánea*, donde el sujeto toma contacto con el suelo con ambos pies de forma simultánea.

La segunda variable independiente (B), está compuesta por la *oposición* que recibe el sujeto durante el lanzamiento, también con dos niveles:

El primer nivel de la variable ( $B_1$ ), está representado por el nivel *sin oposición*, mientras que el segundo nivel ( $B_2$ ), lo compone el nivel *con oposición*, siendo ésta la de un jugador de similar nivel técnico y medidas antropométricas que el lanzador.

Todos los sujetos del grupo son sometidos a todos los tratamientos experimentales. En la Tabla 9 se presenta la representación gráfica de la matriz del diseño planteado para esta actuación de investigación.

Las variables dependientes analizadas se han correspondido con los factores temporales, obteniéndose las tasas de cada una de ellas en cada replicación y para cada uno de los sujetos.

El tratamiento estadístico de los datos se ha basado en un proceso estadístico descriptivo de medias y desviaciones típicas y en un proceso inferencial, aplicando la prueba de análisis de la varianza entre los grupos establecidos.

**MÉTODO. Diseño experimental**

---

**Tabla 9.-** Matriz correspondiente al diseño de la segunda actuación de investigación.

	B <sub>1</sub> SIN OPOSICIÓN	B <sub>2</sub> CON OPOSICIÓN
A <sub>1</sub> PARADA ALTERNATIVA	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> Sin oposición parada alternativa	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> Con oposición parada alternativa
A <sub>2</sub> PARADA SIMULTANEA	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> Sin oposición parada simultánea	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> Con oposición parada simultánea

#### **2.3.4. Diseño experimental para la tercera y cuarta actuación de investigación**

Los diseños experimentales para la tercera y cuarta actuaciones de investigación, se han identificado con sendos diseños de grupo de medidas repetidas (A-B). En estas investigaciones se ha bloqueado el modelo de parada, siendo alternativa en la tercera actuación de investigación, y simultánea para la cuarta, siguiendo un protocolo que pretende valorar la incidencia de la oposición sobre los factores biomecánicos.

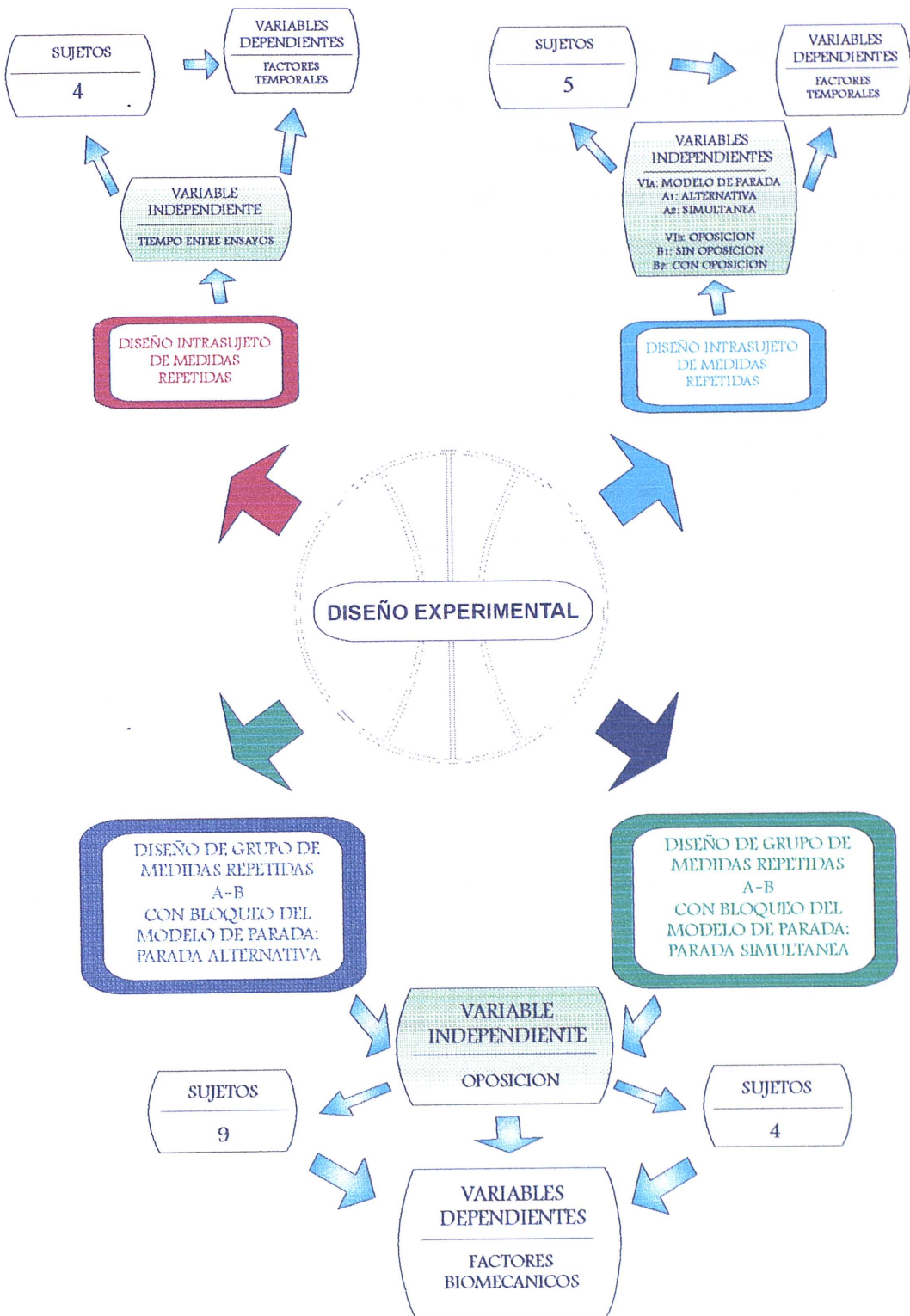
La variable independiente se ha identificado con la oposición que recibe el sujeto en el lanzamiento a canasta. En la fase A se ha aplicado el nivel de la variable independiente, *sin oposición*, ( $VI_a$ ), y en la fase B se ha procedido de igual forma, con el nivel de la variable independiente, *con oposición*, ( $VI_b$ ), contrabalanceando el orden de aplicación de dichas variables entre los sujetos. Las variables dependientes analizadas han sido los factores biomecánicos. En la Figura 20, se representa el diseño experimental desarrollado en la presente memoria.

Los datos han sido analizados a través de la aplicación de la estadística descriptiva, aportando medias y desviaciones típicas y de un análisis inferencial, aplicando la prueba de análisis de la varianza de medidas repetidas entre los grupos establecidos, para valorar los efectos de las variables independientes sobre las dependientes.

#### **2.4. Técnicas instrumentales y material utilizado**

En esta tesis, el análisis del gesto de estudio y la obtención de los factores biomecánicos se ha realizado mediante técnicas instrumentales de registro

**MÉTODO. Diseño experimental**



**Figura 20.-** Representación esquemática del diseño experimental desarrollado.



indirectas, utilizándose las técnicas fotogramétricas tridimensionales, basadas en la grabación del vídeo. Estas técnicas nos han permitido obtener una información fiable sobre posiciones, dimensiones y actitudes de los objetos físicos que han compuesto el sistema de estudio. El análisis se ha realizado filmando el gesto desde dos localizaciones espaciales diferentes, representando cada imagen con una secuencia temporal fija.

Las técnicas instrumentales empleadas las podemos seccionar en las dos fases secuenciales en las que se han utilizado; en primer lugar se han usado técnicas instrumentales de registro, y posteriormente se han empleado técnicas instrumentales de obtención y tratamiento de los datos, (Figura 21).

#### **2.4.1. Técnicas instrumentales de registro**

##### **2.4.1.1. Filmación**

El análisis fotogramétrico se ha iniciado con la filmación del gesto deportivo, y del objeto de referencia. Según la clasificación de Yeadon (1990), el sistema utilizado no requiere medidas de campo, pudiendo colocarse las cámaras libremente en cualquier posición teniendo en cuenta la filmación de un objeto de referencia formado por puntos espaciales conocidos con antelación o en fase posterior a la ejecución del evento deportivo. Las cámaras han registrado los lanzamientos sin modificar su posición, manteniéndose su campo de visión inmóvil y poder aplicar la reconstrucción espacial (3D), a partir de las coordenadas planas obtenidas en cada visión, (Figura 22).

En esta filmación se utilizaron dos cámaras de video Panasonic S-VHS NV-MS4, ambas con una frecuencia de muestreo de 50 campos por segundo

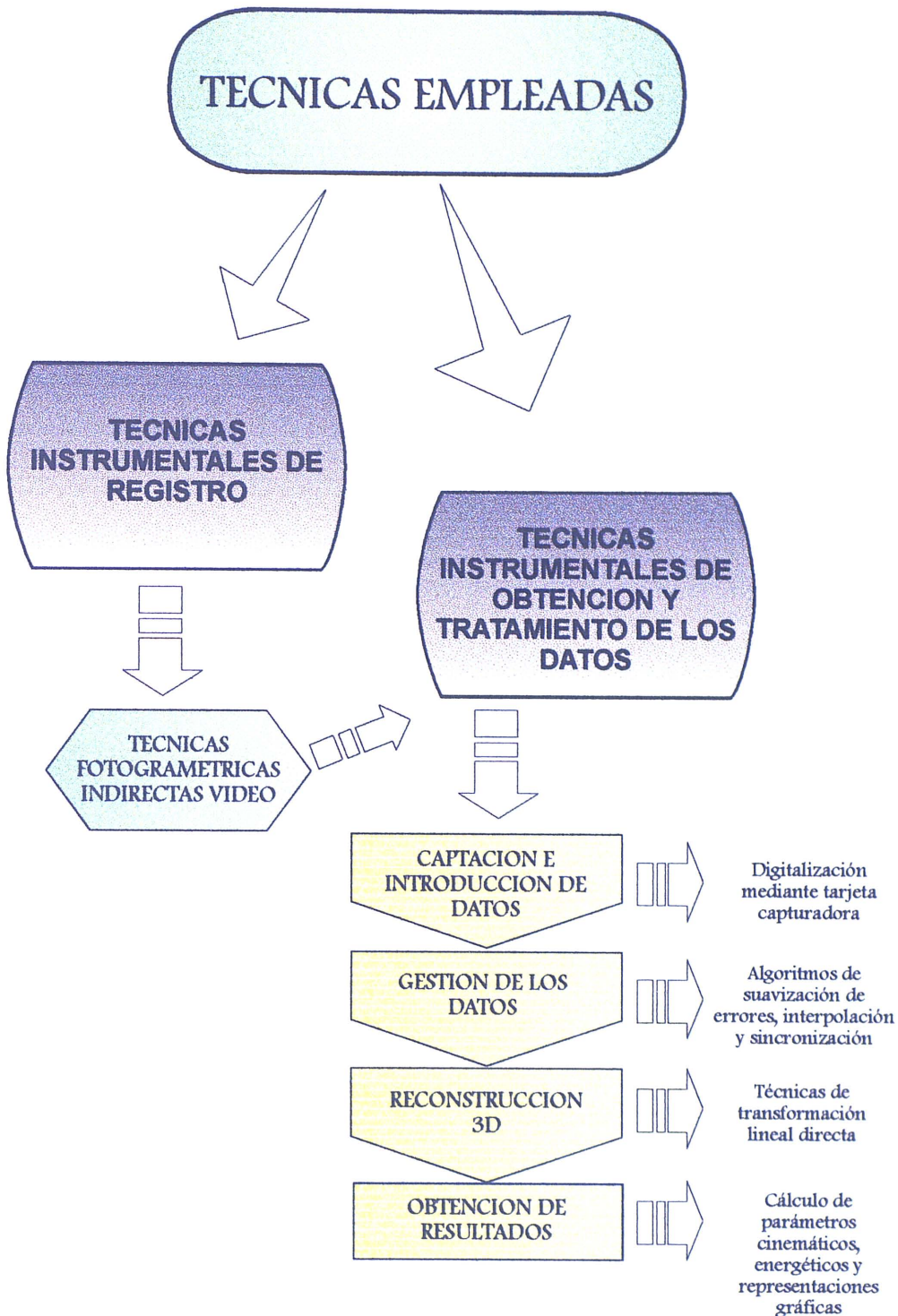
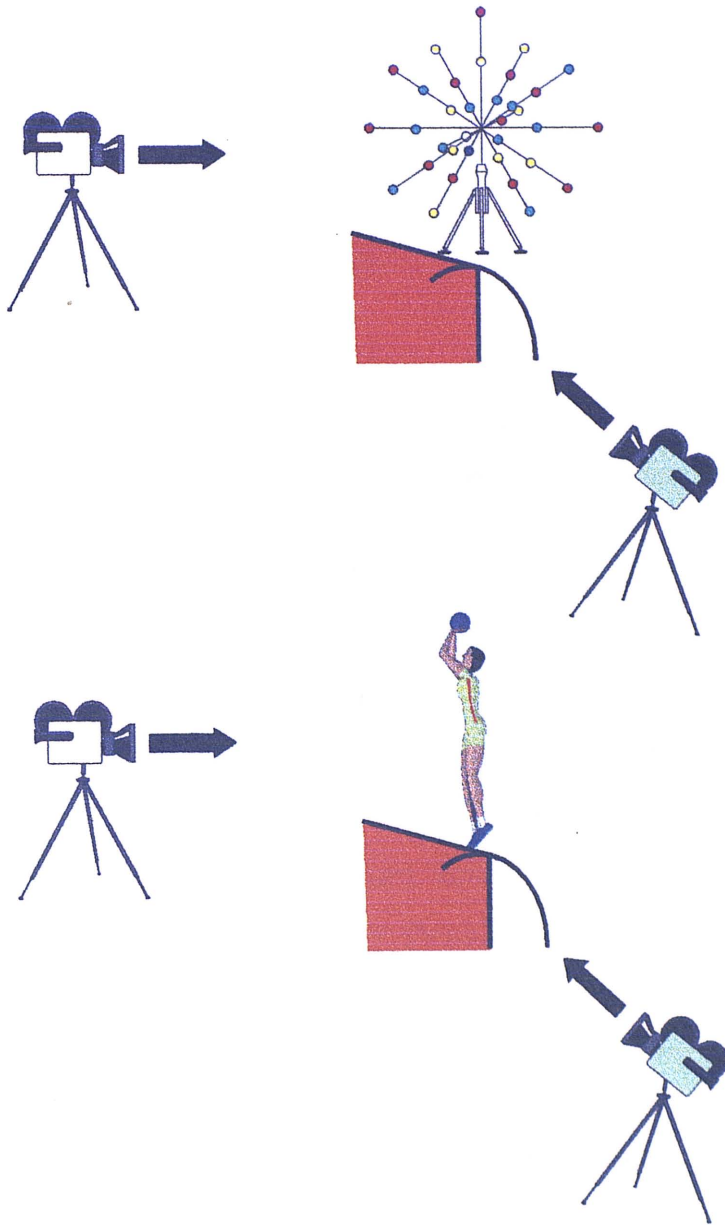


Figura 21.- Representación esquemática de las técnicas instrumentales empleadas.



**Figura 22.-** Esquema representativo de las filmaciones del gesto deportivo y del objeto de referencia.

50 Hz), y con una resolución y calidad de imagen de 307.200 píxeles, siendo el ajuste de las ópticas manual; según niveles del fotómetro, seleccionándose el obturador a 1500 lux.

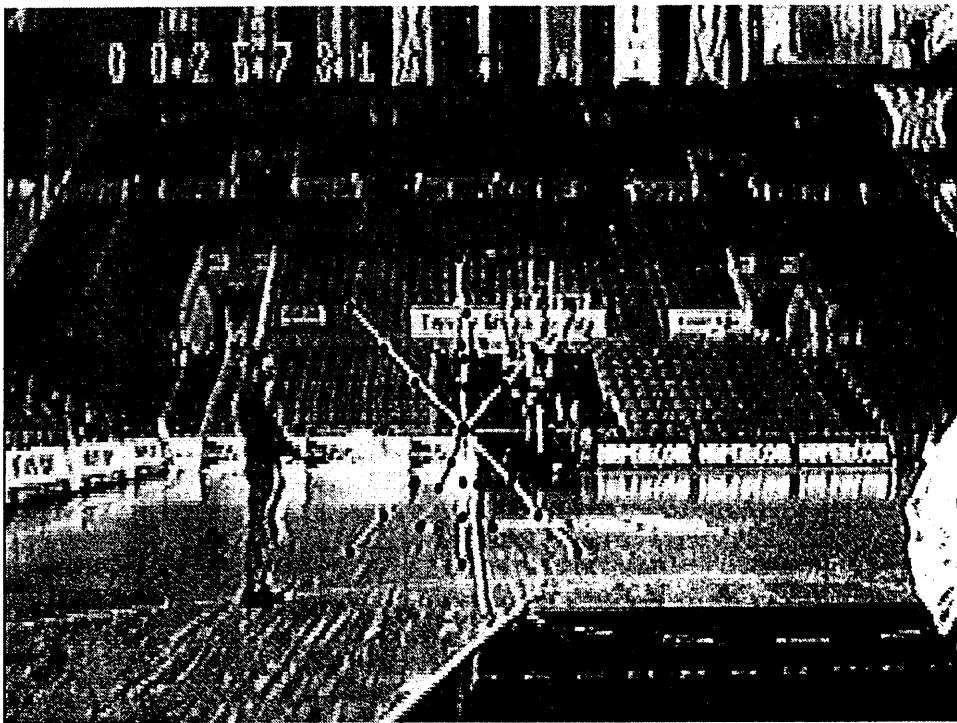
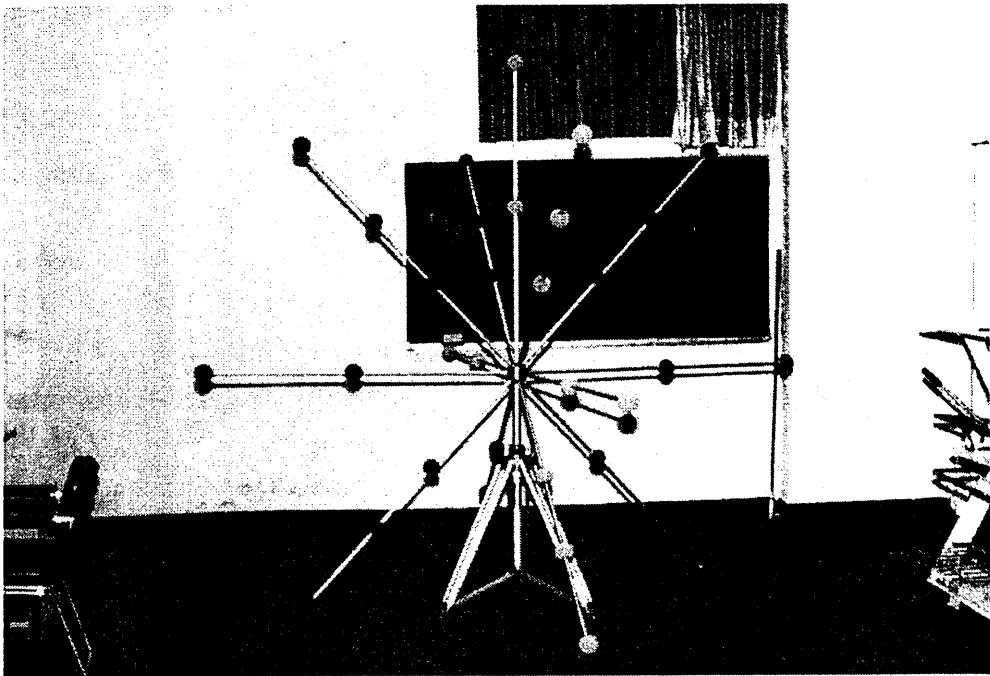
Las cámaras se han ubicado teniendo en cuenta los siguientes factores:

- a) Posibilitar el visionado del máximo número de puntos del sistema jugador y balón.
- b) Evitar posiciones que puedan verse interferidas por el desplazamiento de móviles que cruzan el eje óptico (jugadores, entrenadores...).
- c) Tener en cuenta los criterios y recomendaciones para un perfecto funcionamiento del algoritmo DLT. En este sentido, los trabajos de Wood y Marshall (1986) ponen de manifiesto la incidencia de la posición de las cámaras sobre la fiabilidad del algoritmo DLT, obteniendo como conclusión final que éste no era un factor crítico aunque la situación óptima debería estar en un rango comprendido entre  $1/3$  y  $2/1$ , considerando el numerador como la distancia entre la cámara y el objeto de referencia y el denominador como la distancia entre las dos cámaras. Otra recomendación es la búsqueda de angulaciones próximas a  $90^\circ$  entre ambos ejes ópticos. Según Ariel (1994), el ángulo óptimo de orientación de las dos cámaras es obtenido cuando el eje de visión de las cámaras es ortogonal ( $90^\circ$ ), pero es posible utilizar angulaciones que incluso se aproximen a  $30^\circ$ .
- d) Centrar el eje óptico de las cámaras en el centro del volumen espacial en donde se ejecuta el gesto técnico.

Paralelamente a las filmaciones, se ha realizado otro proceso necesario para controlar y evitar confusiones en el análisis posterior de los lanzamientos. Este proceso se refiere al registro de las características de cada lanzamiento tal como se indica en el anexo 1, donde se presenta la hoja de control de la filmación utilizada para el control de los lanzamientos, en donde se han anotado las características del jugador y las condiciones en las que se efectuaba cada lanzamiento.

#### **2.4.1.2. Sistema de referencia utilizado**

El objeto de referencia utilizado para la obtención de las coordenadas tridimensionales, mediante el algoritmo de la transformación lineal directa (DLT), está compuesto por una serie de varillas, formando una estructura radial, similar a la planteada por Dapena (1978) y utilizada por otros autores como Angulo y Dapena (1992), Gutiérrez et al. (1992), Yu et al. (1993) y Soto (1995). Esta estructura está compuesta por 13 varillas huecas de aluminio, que se insertan de forma radial en un poliedro central de acero macizo. El poliedro se inserta sobre un trípode que contiene un sistema de equilibrado basado en una burbuja de aire sobre una cámara de agua que permite posicionar verticalmente el objeto. Cada varilla posee una longitud de 1.25 m, teniendo insertadas dos o tres esferas de goma de 0.085 m de diámetro de colores rojo, amarillo y azul, distribuidas en intervalos proporcionales a la distancia de la varilla y al número de esferas. Las varillas son emplazadas en el poliedro central mediante un sistema de rosca, al igual que el poliedro sobre el trípode. El sistema radial contiene 34 esferas distribuidas dentro de un volumen esférico cuyo diámetro es de 2.5 m, en las Figuras 23 y 24 se muestran detalles del objeto de referencia.



Figuras 23 y 24.- Exposición gráfica del objeto de referencia utilizado para la reconstrucción tridimensional del movimiento.

La orientación del objeto control ha definido el sistema de referencia a partir del cual han sido reconstruidas las coordenadas 3D, en este caso, determinando el origen y la dirección de los ejes de coordenadas. En este sentido, tal y como se ha calibrado el sistema de referencia, se ha definido un sistema de referencias inercial, donde su eje longitudinal coincide con la dirección y sentido de la varilla 6. La calibración de este sistema ha sido realizado mediante una estación total topográfica Sokkisha Set 3C-G basada en rayo infrarrojo, cuya precisión en la medida de distancias es de  $3 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$  (partes por millón), y su precisión en la medida angular  $10''$ .

#### **2.4.2. Técnicas instrumentales para la captación y tratamiento de los datos**

Una vez realizadas las filmaciones y con el fin de obtener los datos correspondientes a las posiciones espaciales de los puntos que definen la estructura alámbrica del jugador y el balón, ha sido necesario un tratamiento de adquisición y conversión de la imagen digitalizada que, por su complejidad y monotonía, lo realizan sistemas informáticos especializados y diseñados por el grupo de investigación de Análisis del Movimiento Humano del Departamento de Educación Física de la Universidad de Granada, (Figura 25). El proceso de computerización de los datos se realizó en cuatro fases genéricas más el cálculo de los registros específicos, los cuales se describen en los siguientes apartados:

##### **2.4.2.1. Digitalización**

El proceso, se ha iniciado con la fase de digitalización, fase mediante la cual han sido detectadas y almacenadas en el ordenador las coordenadas planas de los puntos que componen la estructura alámbrica del jugador, y del sistema de referencia utilizado tanto de la película correspondiente a la toma lateral como la



**Figura 25.-** Exposición gráfica del material tecnológico utilizado en el proceso de computerización de los datos.





frontal, mediante programa informático CIBORG desarrollado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en el laboratorio de biomecánica (Gutiérrez et al., 1990; Soto, 1995).

La digitalización se ha desarrollado de forma manual, mediante un dispositivo interno que ha permitido gestionar la imagen dentro de una pantalla de 14" SVGA, de un ordenador PC-486 DX2 66 Mhz, con 8 MB de RAM y 420 MB de disco duro, gracias a una tarjeta capturadora de señal del vídeo SVGA VIDEOBLASTER, simultaneándose la imagen del vídeo con un sistema lógico (CIBORG) que ha utilizado el ratón como marcador de los puntos digitalizados. El magnetoscopio S-VHS Panasonic 850 utilizado, se caracteriza por su alta calidad de parada de imagen, un preciso mecanismo de avance y retroceso imagen a imagen y una buena capacidad de búsqueda rápida, reproduciendo las filmaciones en las correspondientes 50 imágenes por segundo.

La estructura alámbrica del sistema jugador y balón ha estado compuesta de 23 puntos, digitalizándose el balón atendiendo a un punto que define su centro geométrico, mientras que la nariz, se ha digitalizado para mejorar la representación gráfica, y conocer la orientación de la cabeza. El proceso se ha repetido en cada uno de los aproximadamente 55 fotogramas de los que constaba cada uno de los lanzamientos analizados, almacenándose las coordenadas planas correspondientes a cada punto durante toda su trayectoria en ficheros secuenciales para poder ser tratados posteriormente, (Figura 26).

Por otro lado, y según Hatze (1990), en la medición biomecánica y el entorno computerizado en el que se desarrolla, se pueden identificar dos tipos de errores; errores sistemáticos y aleatorios.



Figura 26.- Representación gráfica de la captura de la imagen en pantalla y las opciones del proceso de digitalización.

a. **Errores de medida sistemáticos.** Introducen tendencias artificiales dentro de la secuencia de datos, de ahí que sean difíciles de detectar y de eliminar. Un ejemplo de error sistemático es aquél que se produce por las distintas formas de apreciación de los marcadores corporales por parte de diferentes operadores de digitalización en análisis fotogramétricos. Este tipo de error lo hemos medido, digitalizándose 10 veces el objeto de referencia, comparando la media de las distancias digitalizadas entre los diversos marcadores que conforman el objeto de referencia con las distancias reales entre dichos marcadores, aplicando la expresión 10.

(E-10)

$$E.S. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (D_i - R_i)^2}{n-1}}$$

donde E.S. es el error sistemático,  $D_i$ , el valor digitalizado,  $R_i$ , el valor real, y  $n$ , el número de puntos digitalizados.

Los errores sistemáticos hallados sobre los tres ejes del espacio han sido; sobre el eje x, 0.005 m, sobre el eje y, 0.004 m, y sobre el eje z, 0.002 m.

Por otro lado, otro tipo de error sistemático ha sido el denominado error computacional, los cuales son generados principalmente por problemas de conversión (analógico a digital, decimal a binario, etc), por problemas de truncado o redondeo de cifras numéricas decimales, o por aproximaciones algorítmicas en los procesos internos de cálculo del microprocesador.

**b. Errores de medida aleatorios.** Constituyen el segundo tipo de errores que contamina la señal registrada. Se suelen considerar como errores que se suman a la señal, saliéndose del rango de frecuencia que se podría considerar como normal. Habitualmente son fáciles de detectar, incluso visualmente. Así mismo, pueden minimizarse mediante múltiples tipos de algoritmos (Soto, 1995). El cálculo de este error aleatorio, lo hemos hallado mediante la aplicación de la expresión 11, mediante la cual se comparan las longitudes segmentarias de las piernas, muslos, brazos y antebrazos (segmentos considerados rígidos) en cada imagen, con las longitudes de dichos segmentos, calculadas con las medias de la totalidad de las imágenes, sin aplicar ningún algoritmo de suavizado de las coordenadas planas digitalizadas.

(E-11)

$$E.A. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}$$

donde E.A. es el error aleatorio,  $D_i$ , el valor digitalizado,  $D$  ; el valor real, y  $n$ , el número de puntos digitalizados.

El error aleatorio calculado por segmentos han sido los siguientes:  
piernas 0.003 m, muslos 0.006, brazos 0.004 m, y antebrazos 0.003 m.

El primer paso a seguir para llevar a cabo el control de errores ha sido minimizar el error sistemático producido en la fase de digitalización por el operador del sistema detector. Por ello, todo el proceso de digitalización

ha sido realizado por la misma persona, estableciendo un criterio y manteniéndolo a lo largo de todo el proceso (Vera, 1988). Además, el investigador ha realizado un proceso de entrenamiento/aprendizaje de observación de los puntos a digitalizar con el objetivo de lograr la fiabilidad que requiere el análisis biomecánico (Plagenhoef, 1971), para ello se ha utilizado el entrenamiento progresivo planteado por Soto, (1995).

#### **2.4.2.2. Suavizado, interpolación y sincronizado de ambas filmaciones**

Las coordenadas obtenidas en el proceso de digitalización han contenido una serie de errores en su localización, ya sea por problemas asociados a la tecnología detectora utilizada o bien por la participación humana en el proceso deductivo de localización, como ya se ha comentado en el apartado anterior. Ha sido preciso, la utilización de algún algoritmo que permita suavizar, minimizar y, si es posible, eliminar esos errores asociados a las coordenadas (Soto, 1995).

El proceso de reducción del error, se ha basado en la obtención de una serie de funciones matemáticas cuyo comportamiento dinámico y trayectoria dependerá del grado de suavizado deseado por el investigador. Habitualmente, las funciones obtenidas no sólo son utilizadas para minimizar los errores. Según Hatze (1990), la utilización de técnicas basadas en la obtención de funciones matemáticas sobre las trayectorias descritas por los puntos corporales tiene una triple utilidad: a) suavizar y minimizar posibles errores de apreciación en la determinación de los puntos anatómicos, b) la posibilidad de interpolar, y c) la utilización de derivadas sobre dichas funciones con el propósito de obtener los parámetros cinemáticos.

En nuestro caso, mediante la técnica de Splines de quinta potencia, desarrolladas por Wood y Jennings (1979) y adaptadas por (Gutiérrez et al., 1990), los datos correspondientes a las coordenadas planas de los puntos digitalizados de cada una de las películas han sido suavizados, e interpolados con un intervalo de tiempo de 0.01 s, (Figura 27). La sincronización entre ambas cámaras no se ha basado en ningún dispositivo físico, ya sea interno o externo, ya que ésta ha sido realizada a posteriori mediante metodologías de detección de eventos comunes en ambas películas, (Figura 28).

#### **2.4.2.3. Reconstrucción tridimensional de coordenadas**

En una tercera fase se obtuvieron las coordenadas espaciales de cada uno de los 23 puntos digitalizados con respecto al sistema de referencias inercial definido previamente, utilizando para ello las técnicas de transformación lineal directa (DLT) descritas por Abdel-Aziz y Karara (1971), adaptadas por Tortosa (1987) y Gutiérrez et al. (1990) para el sistema de análisis utilizado, (Figura 28).

#### **2.4.2.4. Generación de resultados**

Por último, se utilizaron diferentes rutinas de cálculo incorporadas en la estructura del sistema de análisis utilizado, descritas por Gutiérrez et al. (1990), y otras desarrolladas específicamente para este estudio.

En el apartado de selección y definición de las variables seleccionadas, hemos detallado las características del cálculo de cada una de ellas para obtener los resultados; no obstante, es preciso indicar, como punto de partida de todo análisis biomecánico, el modelo mecánico del cuerpo humano que se ha utilizado, en función de las necesidades que ha planteado este estudio. El modelo estaría

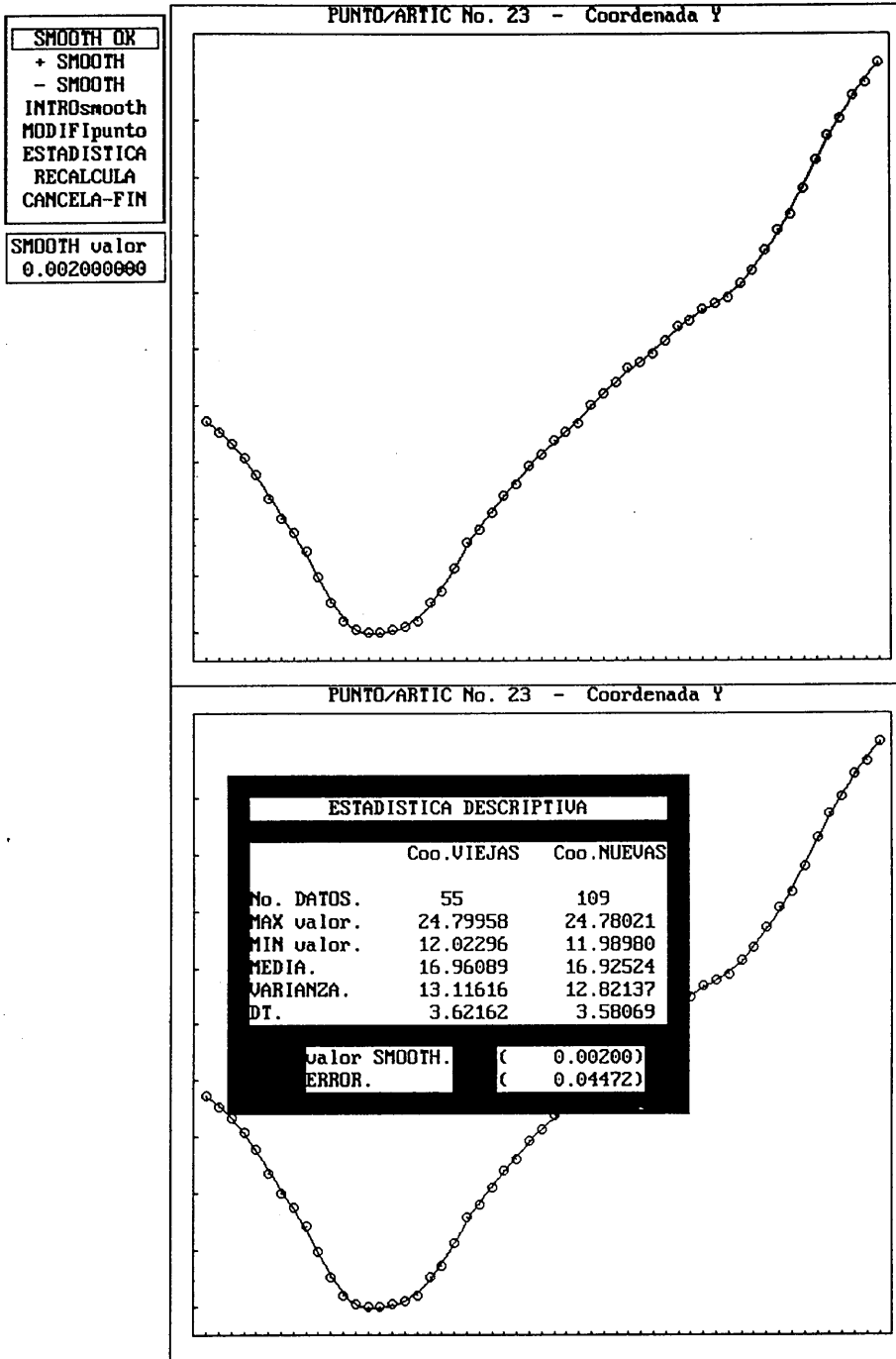


Figura 27.- Representación gráfica del proceso de suavizado e interpolación de nuevas coordenadas.

incompleto si sólo se caracterizaran sus segmentos y puntos anatómicos, haciendo falta incluir en el mismo ciertos parámetros inerciales, gracias a los cuales se puede obtener el centro de gravedad.

El modelo humano diseñado para el análisis del jugador de baloncesto está definido por 15 segmentos para lo cual se requieren 23 puntos. Este modelo utiliza los parámetros inerciales aportados por de Leva (1996), Tabla 10, de ahí que se hayan establecido los segmentos y localizaciones puntuales definidas por este autor para el modelado del cuerpo humano, así como otra localización necesaria para la determinación del implemento deportivo.

La ubicación de los puntos se corresponde con puntos internos correspondientes a centros de rotación articulares, así como el centro geométrico del implemento. Esta estructura de puntos define un modelo de 15 segmentos, los cuales se muestran en la Tabla 11 y se representan en la figura 29.

Una vez definido el modelo mecánico utilizado, el cálculo del CG del jugador se ha desarrollado utilizando los datos mencionados por de Leva (1996), Tabla 10, permitiéndonos conocer el porcentaje del peso y el lugar donde se encuentra el CG de cada uno de los catorce segmentos que esquematizan el jugador. Con la utilización de estos datos y las coordenadas de los puntos que definen cada segmento se determinan las coordenadas del CG del sistema mediante la expresión 12.



**MÉTODO. Técnicas instrumentales y material**

**Tabla 10 .-** Parámetros inerciales aportados por de Leva (1996), adaptados de los datos de Zatsiorsky (1990), utilizando los datos antropométricos masculinos del ejército americano de los USA del año 1988 y los centros articulares de Chandler et al. (1975)

SEGMENTO	MASA	CG	PUNTO PROXIMAL	PUNTO DISTAL
cabeza y cuello	6.94 %	40.27 %	gonion medio	vértex
tronco	43.46 %	43.78 %	supraesternale	cadera media
brazo	2.71 %	49.81 %	art.hombro	art.codo
antebrazo	1.62 %	45.15 %	art.codo	art.muñeca
mano	0.61 %	78.72 %	art.muñeca	3° metacarpiano
muslo	14.17 %	42.41 %	art.cadera	art.rodilla
pantorrilla	4.33 %	45.54 %	art.rodilla	art.tobillo
pie	1.37 %	44.15 %	talón	dedo 1°
cabeza y cuello	6.94 %	49.05 %	mentón	vértex
tronco	43.46 %	51.53 %	cervicale	cadera media
antebrazo	1.62 %	45.61 %	art.codo	stylium
mano	0.61 %	79.45 %	stylium	3° metacarpiano
muslo	4.33 %	44.88 %	art.rodilla	maleolo lateral

**Tabla 11.- Puntos y segmentos utilizados para el modelado humano del jugador de baloncesto.**

---

<b>Puntos</b>		<b>Segmentos</b>	
1	punta del pie derecho	1	pie derecho
2	talón derecho	2	pierna derecha
3	tobillo derecho	3	muslo derecho
4	rodilla derecha	4	brazo derecho
5	cadera derecha	5	antebrazo derecho
6	hombro derecho	6	mano derecha
7	codo derecho	7	pie izquierdo
8	muñeca derecha	8	pierna izquierda
9	estiloides 3° dedo derecho	9	muslo izquierdo
10	punta del pie izquierdo	10	brazo derecho
11	talón izquierdo	11	antebrazo izquierdo
12	tobillo izquierdo	12	mano izquierda
13	rodilla izquierda	13	tronco
14	cadera izquierda	14	cabeza
15	hombro izquierdo	15	balón
16	codo izquierdo		
17	muñeca izquierda		
18	estiloides 3° dedo izquierdo		
19	supraesternale		
20	gonión medio		
21	vértex		
22	nariz		
23	balón		

---

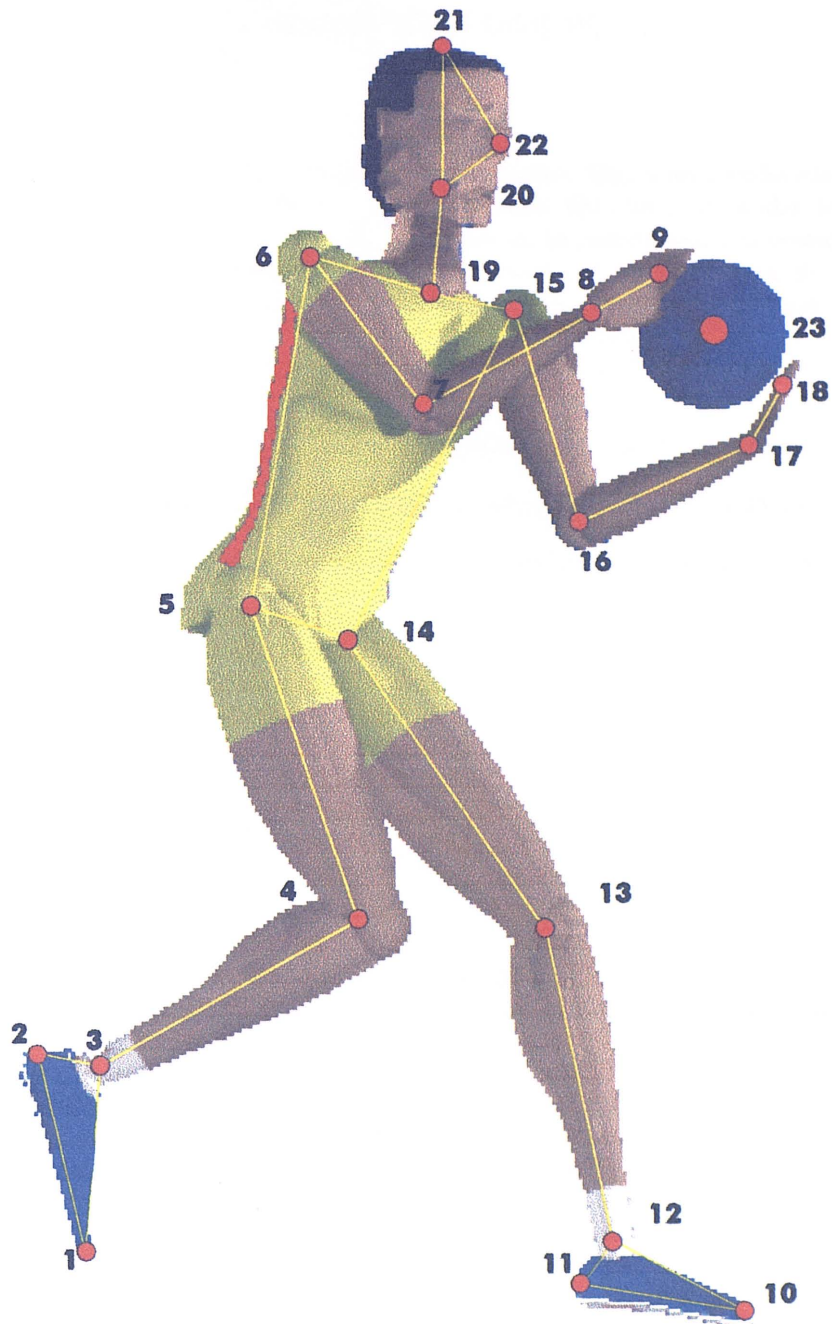


Figura 29.- Esquema representativo del modelo mecánico del cuerpo humano y del implemento utilizado.

(E-12)

$$CG_J = \sum_{i=1}^{i=14} \{Gp_i - K_i * (Gp_i - Gd_i)\} W_i$$

donde  $CG_J$  se corresponde con el Centro de gravedad del jugador,  $Gp_i$ , a las coordenadas de los centros articulares proximales de cada uno de los segmentos;  $Gd_i$ , las coordenadas de los centros articulares distales de cada segmento;  $K_i$ , las distancias en porcentajes, con respecto a la distancia total de cada segmento, entre el centro de gravedad y el punto proximal de cada segmento y  $W_i$ , el peso relativo de cada uno de los 14 segmentos corporales, expresado en porcentajes respecto al peso total.

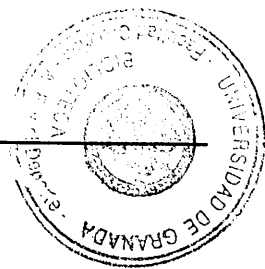
Para el cálculo del CG del sistema jugador con balón se recurre a la expresión 13, donde conociendo las coordenadas espaciales del CG y la masa del jugador y del balón, es posible conocer las coordenadas espaciales del sistema jugador con balón.

(E-13)

$$CG_S = \frac{(CG_J * G_j) + (C_b * G_b)}{G_j + G_b}$$

donde  $CG_S$  se corresponde con el centro de gravedad del sistema jugador con balón,  $CG_J$  y  $C_b$ , a las coordenadas del CG del jugador y balón, respectivamente y  $G_j$  y  $G_b$ , las masas del jugador y balón, respectivamente.

Para el análisis estadístico y representación gráfica de los datos, los valores obtenidos de nuestra experiencia se han introducido en un fichero de datos ASCII, el cual ha permitido su posterior gestión desde el sistema estadístico Statgraphics 7.0 (Statistical Graphics Corporation), y Excel 97. El apoyo visual que aportan las representaciones gráficas nos muestran los datos sin transformaciones y visualizando los efectos de gran magnitud (Pereda, 1987).



### **2.4.3. Material utilizado**

Todo el material utilizado, fue el homologado por la Asociación de Clubs de Baloncesto (A.C.B) para la disputa de los partidos oficiales, por lo que el control experimental en cuanto a balones, canasta, suelo del pabellón, iluminación, y vestimenta de los jugadores, ha estado regulado por las propias características de la competición.

### **2.5. Procedimiento**

Las filmaciones se llevaron a cabo durante los días previos a la fase final de la Copa del Rey, celebrada en Granada entre el 2 y el 5 de marzo de 1995. Los registros de los lanzamientos en salto, se realizaron en los entrenamientos desarrollados por los equipos el día antes del inicio de la competición, en el Palacio Municipal de los Deportes de Granada, lugar donde se disputaron todos los partidos. Los entrenamientos se efectuaron en la franja horaria correspondiente entre las 18.00 y 21.00 horas, la misma que las competiciones, con una temperatura media en el interior del recinto deportivo de 18°C.

En esta filmación se utilizaron dos cámaras de vídeo, la primera colocada a una distancia de 10 m del lugar de ejecución y con una orientación de 45° con respecto a la dirección teórica del lanzamiento y una segunda cámara ubicada a 11 m. del lugar de lanzamiento con una orientación de 45° con respecto a la dirección teórica del lanzamiento y con 90° con respecto a la orientación de la primera cámara. Ambas cámaras estaban conectadas a sendas fuentes de alimentación del recinto deportivo, por lo que no hubo necesidad de utilizar las baterías propias de cada una de ellas, (Figura 30).

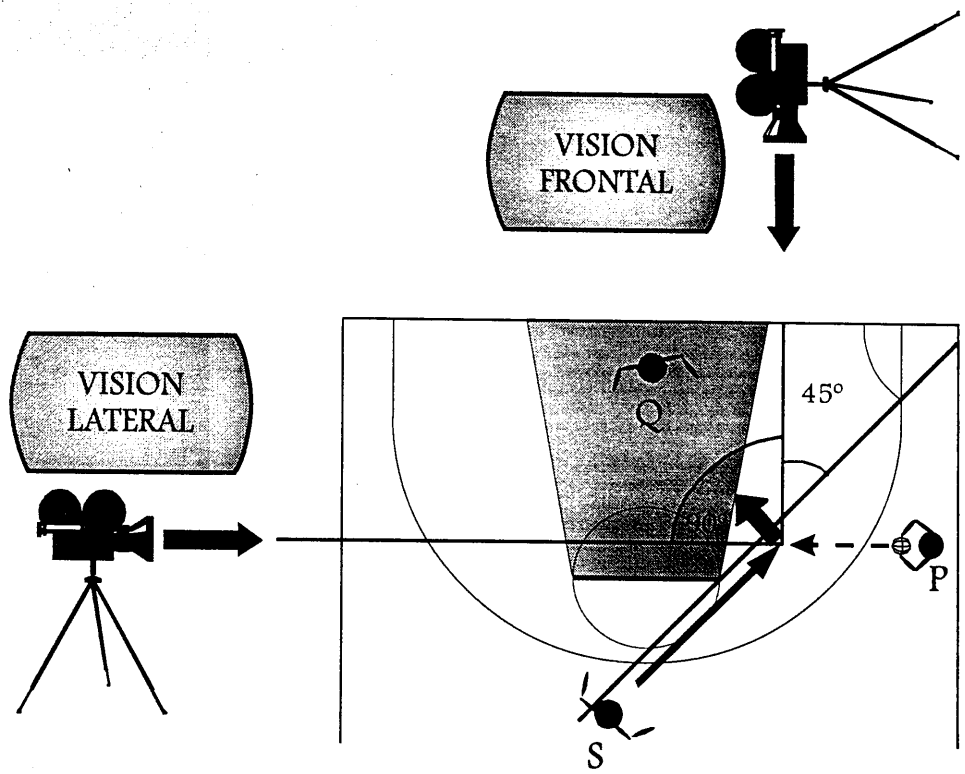


Figura 30.- Esquema representativo del protocolo de ejecución desarrollado.

Una vez colocadas las cámaras, y previamente a la filmación de los lanzamientos, se ha procedido a la filmación del objeto de referencia. En este estudio, el objeto de referencia ha sido orientado de tal forma que el eje X ha coincidido con la dirección del lanzamiento, el eje Z perpendicular y horizontal a la dirección del lanzamiento, y el eje Y, perpendicular al plano del suelo. En la Figura 31 se representa la orientación del sistema de referencia inercial.

El objeto de referencia ha sido colocado y filmado, antes y después de realizar las filmaciones de los lanzamientos con el objeto de prevención en caso de desplazamiento de alguna de las cámaras de las filmaciones, utilizando un marcador de contraste para identificar cada núcleo en la filmación.

Las características del protocolo de lanzamientos fue explicado a los jugadores, tras lo cual realizaron un calentamiento previo al desarrollo de las filmaciones, consistente en 7 minutos de estiramientos, 5 minutos de lanzamientos en salto desde diferentes posiciones, y 2 minutos de lanzamientos en salto tras carrera previa desde la posición de lanzamiento sin y con oposición.

Una vez concluido el calentamiento, se procedió a la ejecución del protocolo experimental, siendo éste similar al propuesto por Ripoll (1980) (Figura 30). La posición de partida comienza en la zona central del campo (posición S de la Figura 30), permitiendo un cierto grado de libertad en cuanto a la postura adoptada por cada jugador, dadas las diferencias antropométricas y el matiz personal inherente, desde esa posición estática se desplaza corriendo, sobre una línea que, pasando por el vértice de la zona restringida del campo, forma  $45^\circ$  con la línea de fondo. Durante su desplazamiento el jugador recibe un balón a 5.5 m del punto de partida, enviado por un jugador situado a 2 m del lugar de lanzamiento (posición P) mediante un pase que parte desde el pecho del pasador,

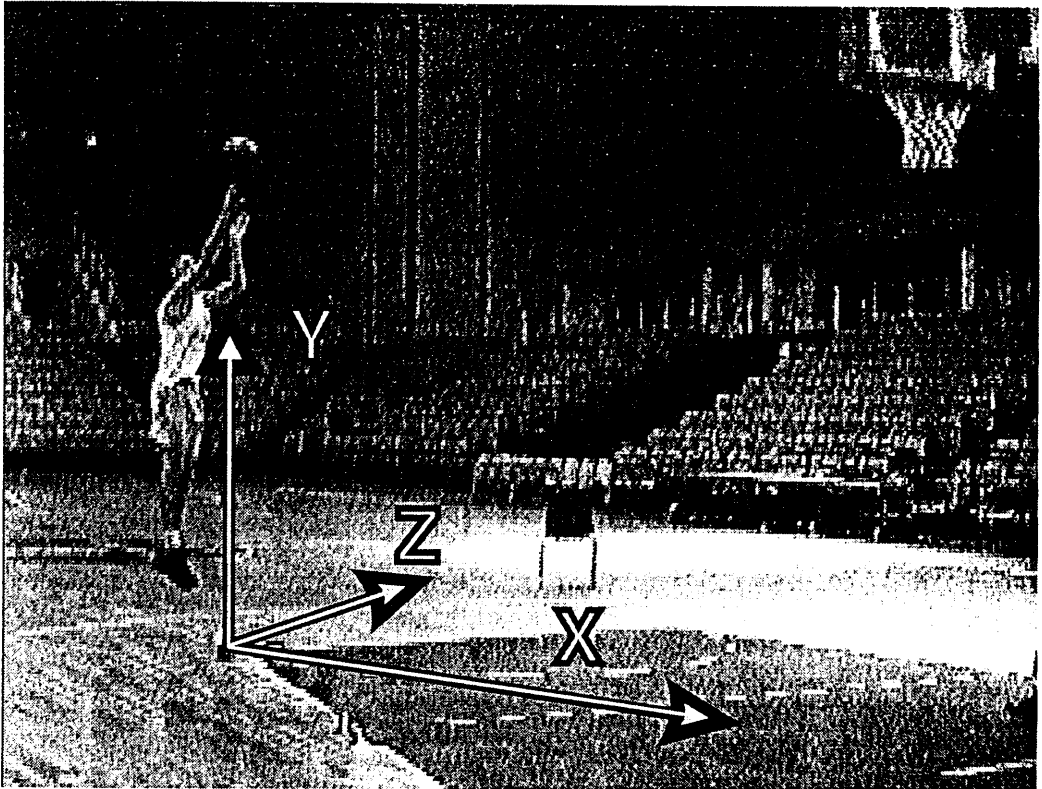


Figura 31.- Representación gráfica de la orientación del sistema de referencia inercial utilizado.



2 m antes de llegar al lugar de lanzamiento y con un impulso de ambas manos describiendo una trayectoria recta. En el instante de recibir el balón el jugador realizaba una parada con cambio de orientación y posterior lanzamiento, Figura 32.

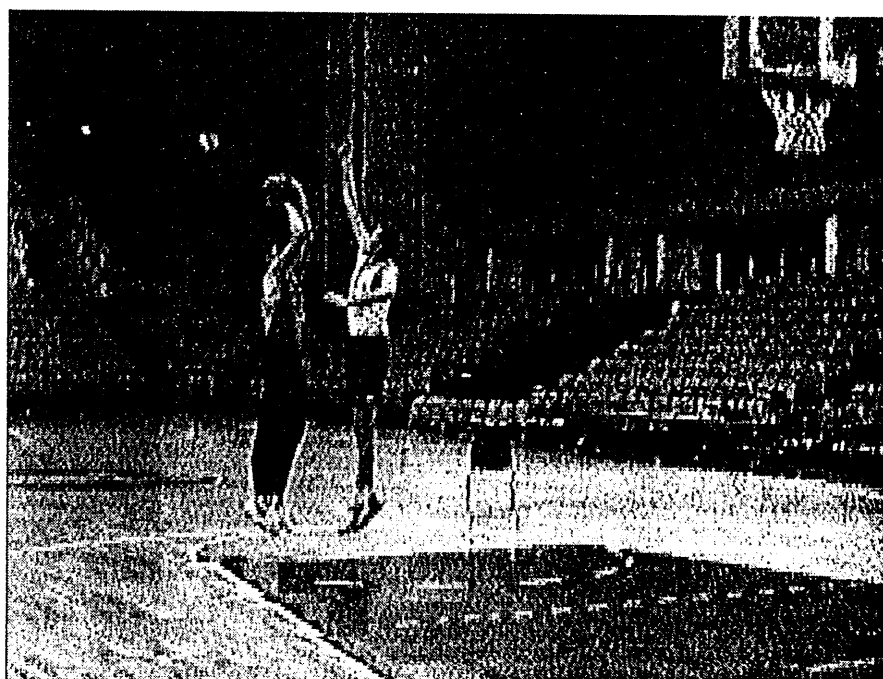
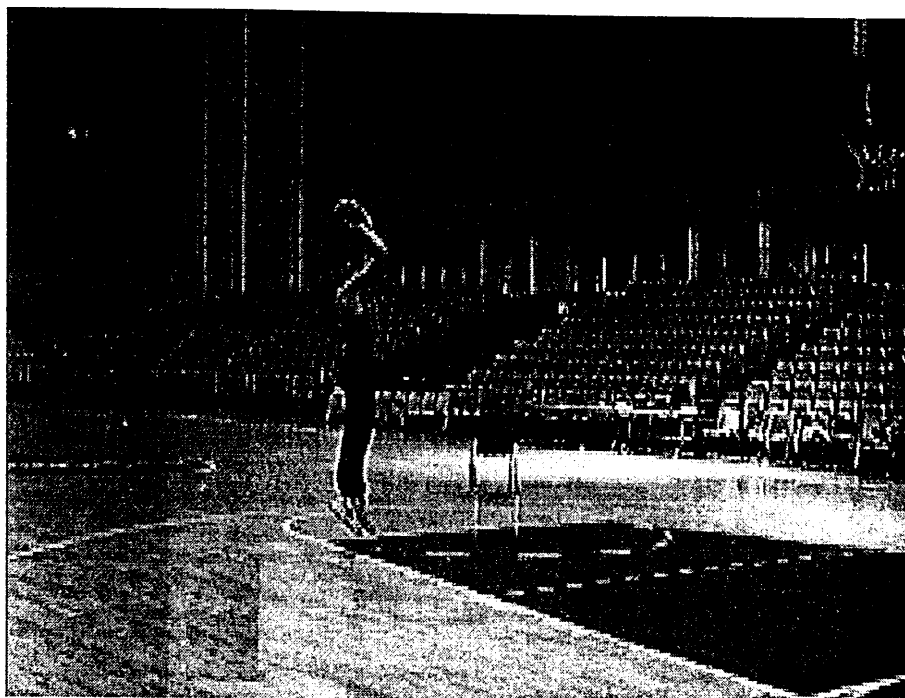
Los lanzamientos se producían en dos situaciones contextuales diferentes, debiendo conseguir encestes sin oposición y ante un oponente, estando el orden contrabalanceado entre los jugadores. Este oponente, el cual era otro jugador con similares características antropométricas que el lanzador, tenía como objetivo taponar el lanzamiento del jugador atacante. Para ello, partiendo desde la posición inicial Q de la Figura 30, determinada por la proyección horizontal del aro, comenzaba su desplazamiento en el instante en que el balón perdía contacto con las manos del pasador, dirigiéndose hacia el lugar de lanzamiento con el propósito de interferir la trayectoria del balón, (Figura 33).

En este protocolo y con el propósito de no interferir en la ejecución del gesto, y forzar a los jugadores a realizar un protocolo de ejecución demasiado exigente y coactivo, se dio libertad para realizar el tipo de parada que consideraba más adecuado. En general, los jugadores optaron por dos tipos de parada, la parada simultánea, en la que el jugador finalizaba su carrera con un apoyo simultáneo de pies, y por otro lado, la parada alternativa mediante la cual el jugador finalizaba su desplazamiento con la toma de contacto con un solo pie para saltar (en este caso fue siempre con el pie izquierdo), para posteriormente tomar contacto con el pie derecho.

Ningún jugador recibió conocimientos de resultados en cuanto a la ejecución, con el fin de no interferir en la técnica de los lanzamientos, limitándonos a corregir las directrices del procedimiento.



Figura 32.- Exposición gráfica de la ejecución del protocolo.



**Figura 33.-** Exposición gráfica de las dos situaciones contextuales, detallando el momento final del lanzamiento.

Cada jugador fue filmado hasta que conseguía ocho encestes en cada situación, analizándose posteriormente los lanzamientos descritos en el apartado dedicado a la muestra.

## **2.6. Selección, definición y cálculo de las variables dependientes**

En base a lo expuesto en el apartado dedicado a la justificación de los factores que definen el gesto, las variables dependientes se han seleccionado en función de los criterios de eficacia que definen el lanzamiento a canasta.

Tras seleccionar las variables, el criterio de agrupamiento de las mismas, lo hemos llevado a cabo siguiendo a Hudson (1985a), mediante el cual se han tenido en cuenta dos tipos de variables: a) *variables de producto*, que determinan la consecuencia final de lo que ha ocurrido durante el gesto y b) *variables de proceso*, consideradas como las causas más significativas que determinan la eficacia del gesto durante su ejecución:

### 1) Variables de producto:

- Ángulo de salida del balón
- Velocidad de salida del balón
- Altura de salida del balón

### 2) Variables de proceso:

- Temporales
- Relativas a las posiciones espaciales adoptadas
- Relativas a las velocidades desarrolladas
- Evolución de la energía cinética segmentaria

## 2.6.1.- Variables de producto

### 2.6.1.1. Ángulo de salida del balón, $\theta$ (balón):

Este ángulo se corresponde con el formado entre el plano del suelo y el vector posición del balón con respecto a la mano del jugador en el momento de salida del balón de la mano del jugador.

Para el cálculo del ángulo que define la trayectoria del balón en el espacio, se ha recurrido a las coordenadas espaciales medias que tiene el CG del balón en las cinco posiciones posteriores a su despegue de la mano del jugador, calculándose mediante producto escalar de dos vectores según la expresión 14. Una vez obtenidos los cinco ángulos consecutivos, se ha desechado el valor más alto y más bajo de los cinco ángulos, y se ha realizado la media entre los tres valores centrales.

(E-14)

$$R = \{(x_a - x_b), (y_a - y_b), (z_a - z_b)\}$$

$$Q = \{(x_a - x_b), (0), (z_a - z_b)\}$$

$$\cos \theta = \frac{R * Q}{|R| * |Q|}$$

donde R es el vector posición que define el punto proximal y distal, en cada posición consecutiva del balón después de salir de la mano del jugador, y Q, el vector posición correspondiente a la proyección del vector R sobre el plano transversal y  $(x_a, y_a, z_a)$  y  $(x_b, y_b, z_b)$  las coordenadas espaciales de los puntos que definen al vector R.

### **2.6.1.2. Velocidad de salida del balón, $V_s(\text{balón})$ :**

El cálculo de la velocidad del balón en el momento de salida de la mano del jugador, al igual que el cálculo del resto de las velocidades, se ha realizado mediante la primera derivada de la función correspondiente a las posiciones  $x, y, z$ , de los segmentos que definen el sistema de estudio, dependientes del tiempo. Las funciones correspondientes se han obtenido mediante las técnicas de Splines elevados a la quinta potencia sin incorporar el proceso de suavizado.

### **2.6.1.3. Altura de salida del balón**

En el análisis de este criterio de eficacia, se han seleccionado dos factores biomecánicos:

La primera de las variables hace mención a la altura de salida del balón,  **$H_s(\text{balón})$** : Altura correspondiente desde el centro geométrico del balón hasta la perpendicular del suelo, en el momento de salida de la mano. Esta variable también se ha obtenido en valor relativo con respecto a la altura del sujeto,  **$\%H_s(\text{balón})$** ; normalizándose la altura de salida del balón en relación a la altura del sujeto.

Una segunda variable, relacionada con la altura de salida del balón, es el desplazamiento vertical del CG. Dicha variable se define como el desplazamiento vertical que realiza el CG durante el lanzamiento, desde el despegue de los pies del suelo hasta el momento de salida del balón,  **$SCG(\text{balón})$** . Esta variable también se ha obtenido de forma relativa respecto al desplazamiento máximo, o altura del vuelo,  **$\%SCG(\text{balón})$** , permitiéndonos conocer en que momento se ha producido la pérdida de contacto con el balón en relación al desplazamiento vertical del CG.

El cálculo de la altura de salida del balón ( $Hs(\text{balón})$ ) se ha realizado mediante la sustracción de la coordenada Y del balón en el instante de salida de la mano del jugador, y el segundo valor mínimo de la coordenada Y del pie, ya que el primer valor mínimo podría haberse obtenido por una digitalización incorrecta; en cualquier caso la diferencia hallada entre el primer y el segundo valor mínimo ha podido considerarse despreciable. La normalización de la altura de salida del balón con respecto a la altura del sujeto, ( $\%Hs(\text{balón})$ ), se ha obtenido dividiendo la altura de salida del balón entre la altura del sujeto.

La variable  $SCG(\text{balón})$ , se ha calculado restando la coordenada Y del CG en el momento de salida del balón con la misma coordenada en el instante de despegue de los pies del suelo, mientras que la expresión relativa,  $\%SCG(\text{balón})$ , analiza la relación existente entre la altura máxima del salto y la altura del CG en la salida del balón, mediante la división de la altura del CG en la salida del balón por la altura máxima alcanzada por el CG.

Los valores de estas variables se han fundamentado en el proceso de cálculo de la distancia entre dos puntos, realizado teniendo en cuenta las coordenadas x,y,z de ambos puntos según la expresión 15.

(E-15)

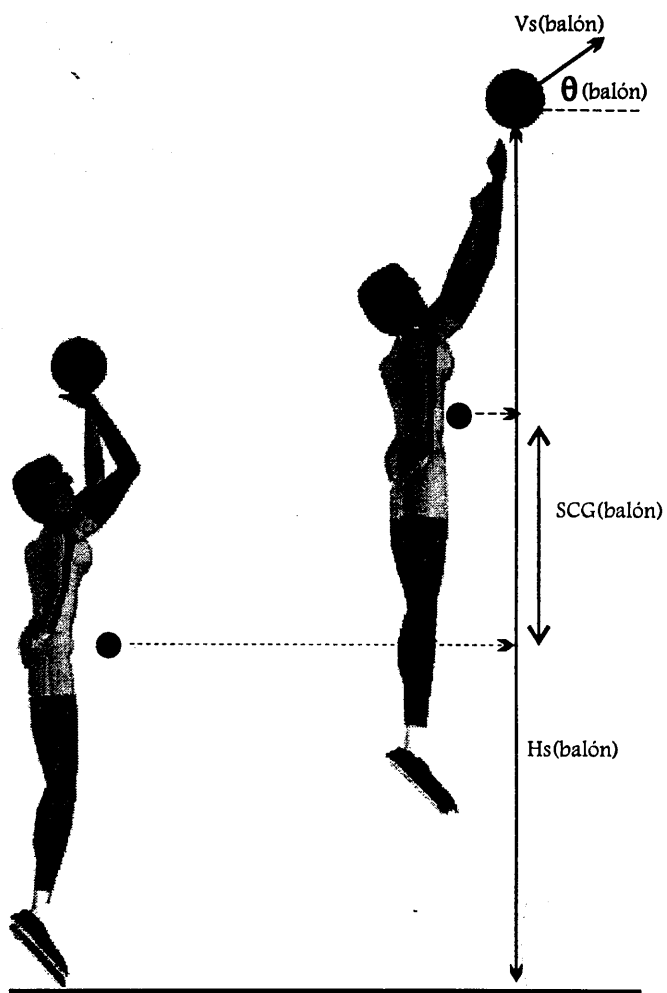
$$A = \{x_a, y_a, z_a\}$$

$$B = \{x_b, y_b, z_b\}$$

$$D_{(a,b)} = \sqrt{(xb-xa)^2 + (yb-ya)^2 + (zb-za)^2}$$

donde  $D_{(ab)}$  es la distancia entre dos puntos, A y B son dos puntos conocidos y  $x_a, y_a, z_a$  y  $x_b, y_b, z_b$  son las coordenadas espaciales que definen ambos puntos.

En la Figura 34 se representan las variables de producto seleccionadas.



**Figura 34.-** Representación gráfica de las variables de producto seleccionadas.



## 2.6.2.- Variables de proceso

### 2.6.2.1.- Variables temporales

El proceso de obtención de las variables temporales se ha realizado teniendo en cuenta las posiciones espaciales adoptadas por el jugador y el balón en el transcurso de la ejecución del lanzamiento. Las posiciones espaciales que van han determinado las fases del gesto han sido las siguientes:

$T_1$ : Se corresponde con el instante de recepción del balón.

$T_2$ : Momento de contacto de uno o ambos pies con el suelo para saltar.

$T_3$ : Instante en que el balón alcanza la mínima cota vertical.

$T_4$ : Instante en que el CG del sistema jugador y balón alcanza el valor mínimo de su cota vertical.

$T_5$ : Momento en el que el jugador despega ambos pies del suelo.

$T_6$ : Momento en que el balón abandona las manos del jugador.

A partir de estas posiciones espaciales se ha procedido a registrar la duración de cada una de las fases que determinan el gesto con el propósito de valorar la estructura y consistencia temporal obtenida por los sujetos. Para ello se han seleccionado las siguientes seis variables:

-Tiempo de carrera,  $T(t1-t2)$ .

-Tiempo de comienzo de elevación del balón,  $T(t1-t3)$ .

-Tiempo de impulso de frenado,  $T(t2-t4)$ .

-Tiempo de impulso de aceleración,  $T(t4-t5)$ .

-Tiempo de vuelo,  $T(t5-t6)$ .

-Tiempo total,  $T(t1-t6)$ .

El proceso de cálculo de estas variables se ha realizado a través de la imagen tridimensional, visionando paralelamente las coordenadas Y, del balón y del CG del sistema jugador y balón, teniendo en cuenta que se han registrado las imágenes con una frecuencia de 50 Hz, y que posteriormente han sido interpoladas a 100 Hz.

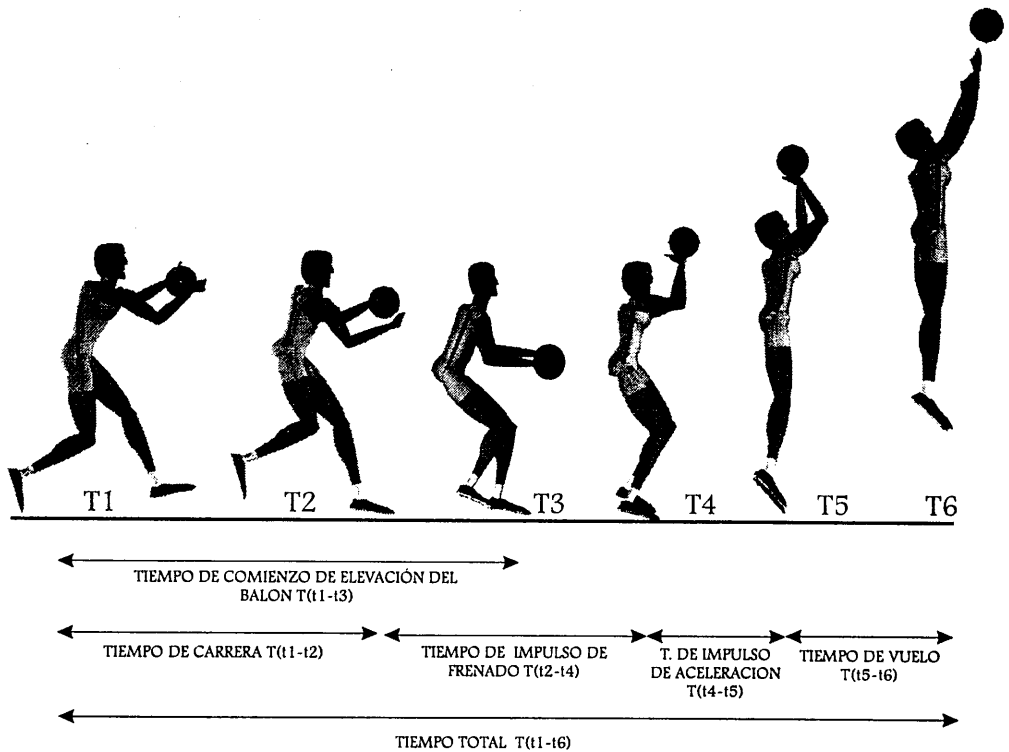
En la Figura 35 se representan gráficamente las posiciones espaciales que determinan las fases que definen el lanzamiento.

#### **2.6.2.2.- Variables relativas a posiciones espaciales adoptadas por el jugador**

La valoración de las posiciones espaciales adoptadas, se ha referido al análisis del sistema jugador y balón, y a las posiciones segmentarias desarrolladas por el jugador.

En cuanto al análisis de las posiciones adoptadas por el CG del sistema jugador y balón, se han seleccionado las siguientes cinco variables:

-La primera de ellas, analiza el ángulo de salida del CG en el momento del despegue de los pies del suelo, ( $\theta$  CG ( $t_5$ )). Las tres siguientes valoran las posiciones adoptadas por el CG con respecto al centro geométrico de la base de sustentación (punto medio de la recta que une los puntos medios de las distancias entre ambos talones y puntas de los pies):



**Figura 35.-** Representación gráfica de las posiciones espaciales que determinan las fases del gesto.

-Distancia comprendida entre la proyección del CG y el centro de la base de sustentación cuando se alcanza la mínima altura vertical del CG; **DCG-cb.(t4)**

-Distancia comprendida entre la proyección del CG y el centro de la base de sustentación en el despegue de los pies del suelo; **DCG-cb.(t5)**

-Distancia comprendida entre la proyección del CG y el centro de la base de sustentación en el momento de salida del balón; **DCG-cb.(t6)**

La quinta variable relativa a la posición adoptada por el CG, se refiere al desplazamiento horizontal del CG, desde el instante del despegue de los pies del suelo hasta la salida del balón de las manos del jugador, **DCG.(t5-t6)**

Entre las relacionadas con las posiciones segmentarias adoptadas por el jugador en las distintas fases del gesto, se han seleccionado ocho variables:

- Ángulo de la rodilla y del codo en la mínima cota vertical del CG,  $\theta$  **rodilla (t4)** y  $\theta$  **codo (t4)**, respectivamente.

- Distancia balón-vértex en el despegue, **Balón-vértex (t5)**, indica la distancia del balón en el momento del despegue con respecto al cuerpo.

- Desplazamiento vertical del balón, **Sy(balón)**, definido por la diferencia entre altura del lanzamiento y mínima cota alcanzada por el balón, y relativizándolo con respecto a la altura del sujeto, **%Sy(balón)**.

En el momento de salida del balón, se han seleccionado las siguientes variables:

- Ángulo de inclinación del tronco,  $\theta$  **tronco (t6)**, formado por la línea que une los puntos medios entre ambos hombros y ambas caderas y el plano del suelo (Miller y Bartlett, 1996).



- Ángulo de flexión del hombro ejecutor,  $\theta$  **hombro** ( $t_6$ ), formado por la línea que une la articulación del hombro y el codo y la línea del tronco definida como la unión de los puntos medios de caderas y hombros.

- Ángulo del codo en la salida del balón,  $\theta$  **codo** ( $t_6$ ), correspondiéndose con el ángulo formado por las líneas que unen los centros articulares de la muñeca, el codo y el hombro.

Tras la salida del balón se han registrado:

- Ángulo del codo 0.04s tras la salida del balón de la mano,  $\theta$  **codo** ( $t_7$ ).

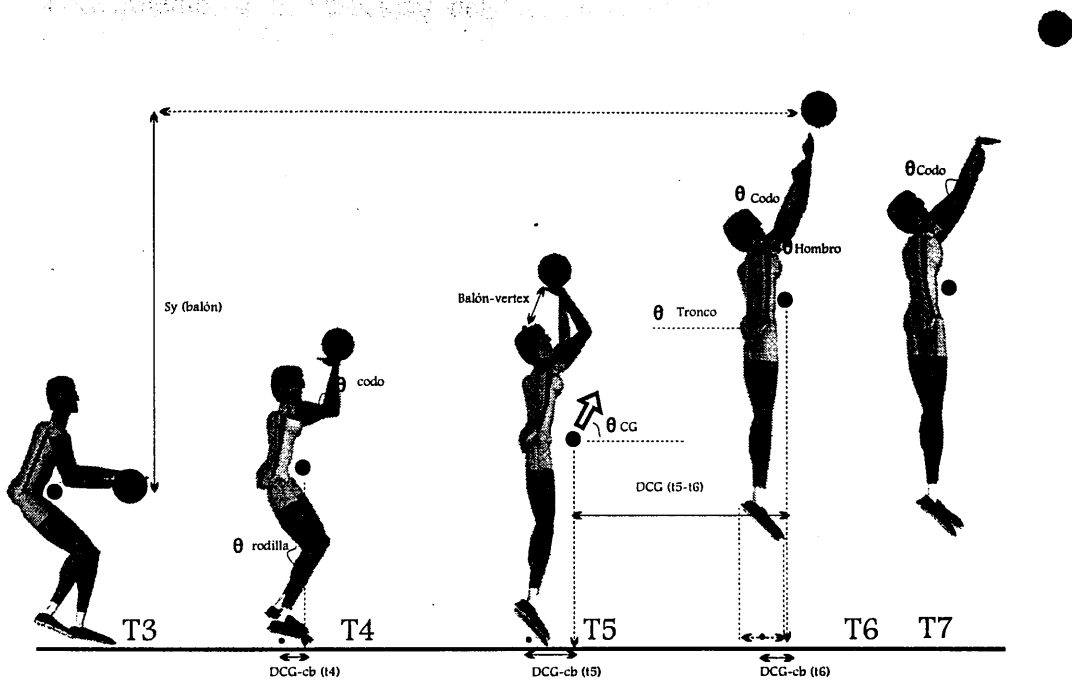
El cálculo del ángulo correspondiente a cualquier centro articular definido por la posición de sus dos segmentos en el espacio se ha desarrollado mediante la definición de sus respectivos vectores de dirección. El cálculo de los citados vectores se ha realizado a partir de las coordenadas espaciales de los puntos que definen a cada uno de los dos segmentos y partiendo del vector posición de cada segmento. A partir de ahí, ha sido posible calcular el coseno del ángulo que determina su intersección mediante producto escalar de dos vectores, según se indica en la expresión 16.

**(E-16)**

$$R = \{(x_{d1}-x_p), (y_{d1}-y_p), (z_{d1}-z_p)\}$$
$$Q = \{(x_{d2}-x_p), (y_{d2}-y_p), (z_{d2}-z_p)\}$$

donde R y Q son los vectores posición de cada uno de los segmentos,  $x_{d1}$ ,  $y_{d1}$ ,  $z_{d1}$  y  $x_{d2}$ ,  $y_{d2}$ ,  $z_{d2}$  las coordenadas de los centros articulares contiguos y  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$  las coordenadas del centro articular que ha sido objeto de estudio.

En la Figura 36 se representan las variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas por el sistema jugador y balón durante el lanzamiento.



**Figura 36.-** Representación gráfica de las variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas por el sistema jugador y balón.

### 2.6.2.3.- Variables relativas a las velocidades desarrolladas

Se han seleccionado ocho variables relativas a las velocidades con el propósito de deducir la estabilidad durante las distintas fases del lanzamiento:

Las tres primeras hacen mención a la velocidad del CG del jugador; concretamente, a la velocidad del CG en el plano transversal del sistema de referencias inercial en los instantes de recibir el balón, en el despegue del suelo, y en el momento de salida del balón,  $V_{x,z}(t1)$ ,  $V_{x,z}(t5)$  y  $V_{x,z}(t6)$  respectivamente.

- Velocidad media del desplazamiento vertical del balón desde la mínima cota del balón ( $t3$ ), hasta el comienzo del impulso de aceleración ( $t4$ ),  $V_{\text{balón}}(t3-t4)$ .
- Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón,  $\omega_{\text{muñeca}}(t6)$ .

Como hemos comentado anteriormente, el cálculo de las velocidades lineales se ha realizado mediante la primera derivada de la función de las posiciones espaciales dependientes del tiempo, obteniendo la función mediante el algoritmo de splines elevados a la quinta potencia; mientras que el cálculo de la velocidad angular se ha utilizado la primera derivada de la función correspondiente al desplazamiento angular con respecto al tiempo.

En la Figura 37 se representan gráficamente las variables relativas a las velocidades desarrolladas.

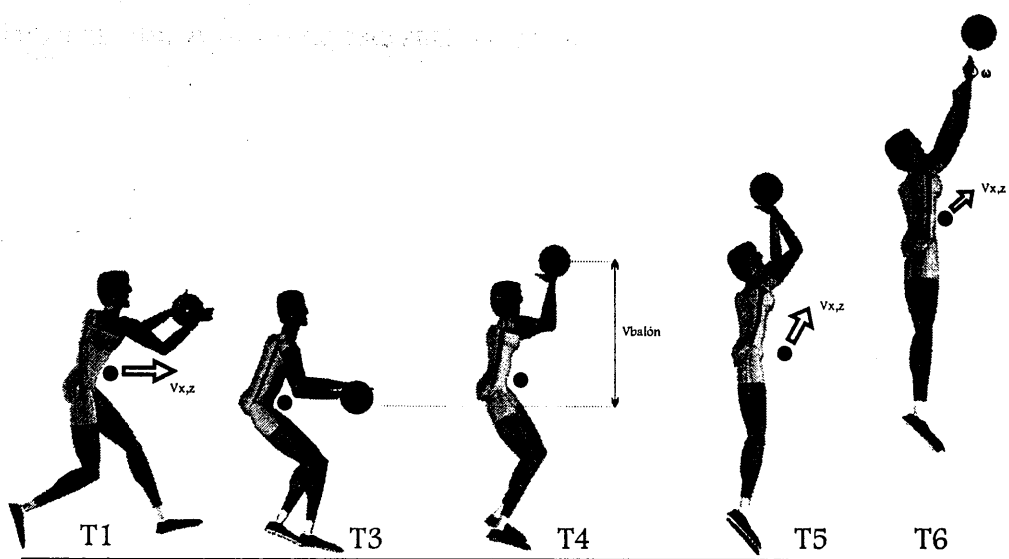


Figura 37.- Representación gráfica de las variables relativas a las velocidades desarrolladas.



#### **2.6.2.4.- Variable relativa a la evolución de la energía cinética y velocidad angular segmentaria**

La valoración de la cadena cinética del lanzamiento en salto ha sido uno de los objetivos prioritarios de este estudio, tomando como medio de análisis la evolución de la energía cinética y velocidad angular segmentaria en el transcurso del lanzamiento. A través de este análisis, hemos podido determinar el comienzo, el final y las características del desplazamiento de cada segmento implicado en este gesto técnico.

Una vez conocida la participación segmentaria en el lanzamiento se ha podido determinar el tipo de cadena cinética que utilizan los jugadores para las condiciones que requiere este tipo de lanzamiento, concretando el grado de participación secuencial de cada articulación en una cadena cinética de tipo secuencial, o por el contrario la acción simultánea de los diferentes segmentos en una cadena cinética de empuje, valorando la resolución, por un lado, del compromiso planteado en la introducción entre el desarrollo de una gran velocidad de salida del balón y la precisión que requiere, y por otro lado, la interacción entre las extremidades inferiores, tronco y extremidades superiores en el desplazamiento del balón.

Así mismo, este análisis nos ha permitido conocer las características de la cadena cinética desarrollada por los jugadores, en ambas situaciones contextuales, verificando las diferencias entre los sujetos experimentales en las características de dicha cadena, obteniéndose un modelo normalizado del desarrollo de la cadena cinética del lanzamiento a canasta.

El proceso de cálculo de la velocidad angular se ha desarrollado mediante la primera derivada de la función correspondiente al desplazamiento angular con respecto al tiempo. En segundo lugar el cálculo de la energía cinética segmentaria ha perseguido un objetivo doble:

- 1º) El desarrollo de un modelo teórico de la energía cinética del cuerpo humano que tenga en cuenta las técnicas experimentales disponibles y los objetivos del trabajo.
- 2º) Aplicación al estudio de la cadena cinética del lanzamiento en salto tras carrera previa en baloncesto.

## **1. Proceso de cálculo de la energía cinética**

### **1.1. Definición del modelo para el cálculo de la energía cinética**

El modelo humano diseñado para el análisis de la energía cinética se corresponde con un modelo alámbrico formado por 14 segmentos, y un implemento, en este caso un balón, considerado como una esfera, definidos estos segmentos por 23 puntos (Figura 29) y utilizándose los parámetros inerciales aportados por de Leva (1996), Tabla 10. Se basa en el modelo general de barras rígidas articuladas entre sí, entendiendo como barras rígidas a un sistema de partículas tal que la distancia entre dos partículas, cualesquiera de ellas, permanece invariable, independientemente de la magnitud de las fuerzas de cualquier tipo que actúen sobre el cuerpo. Por consiguiente, la hipótesis de trabajo parte de que la energía debida a las deformaciones provocadas por el movimiento del segmento es despreciable frente a la energía cinética derivada del movimiento en sí.

Aunque no ha sido calculado experimentalmente, el hecho de considerar los segmentos del sujeto como barras rígidas se debe a que por la simple observación, puede considerarse que la energía cinética desarrollada en el eje longitudinal de cada segmento es mínima en la ejecución del gesto técnico objeto de estudio, en relación a su energía cinética desarrollada sobre sus ejes transversal y antero-posterior.

En el análisis del movimiento del sólido rígido, partimos de la consideración de que se trata de la superposición de dos movimientos independientes: una traslación de algún punto arbitrario del sólido y una rotación del sólido alrededor de dicho punto. Esto es conocido en mecánica clásica como el teorema de Chasles. En nuestro estudio, el punto elegido es el centro de masa, permitiéndonos la descomposición del movimiento, (traslación y rotación), separar tanto el momento angular, como la energía cinética, en dos partes relacionadas con el movimiento del centro de masa y con el movimiento del cuerpo respecto a su centro de masa. El centro de masa se traslada como si la resultante de la fuerza externa estuviera aplicada sobre él y como si toda la masa del sólido estuviera concentrada en su centro.

En el análisis del movimiento del sólido rígido hemos utilizado dos sistemas de referencia; uno será un sistema de coordenadas de referencia inercial (SRI), que designaremos por  $X, Y, Z$ , mientras que el segundo se corresponde con un sistema de referencia ligado a cada segmento corporal y que será, por consiguiente, un sistema de referencia no inercial o sistema de referencia local (SRL), y lo designaremos por  $X', Y', Z'$ .

La configuración del sólido rígido queda especificada proporcionando las coordenadas del origen del SRL respecto al SRI y la orientación del SRL respecto

al SRI. La orientación del SRL se comprende si se traslada el SRL al origen del SRI, manteniendo la dirección y sentido de sus ejes, determinándose la diferencia entre los dos sistemas de referencia, obteniéndose la orientación mediante el concepto de rotación respecto a un eje, siendo la manera más habitual de dar la orientación a través de tres ángulos, que son los giros de los vectores unitarios de la base del sistema SRL con respecto al SRI, (Figura 38).

La mayor parte de las referencias encontradas en la bibliografía (Huston, 1971; Passarello, 1971; Kinzel, 1972; Kane, 1979; Miller, 1980; Ramey, 1981; Yeadon, 1990; Navarro, 1994), utilizan un modelo del cuerpo humano, en el cual cada uno de los miembros del mismo es definido en el espacio, mediante un sistema de referencia local en cada uno de los segmentos, (Figura 39).

## **1.2. Descripción del proceso de cálculo**

Una vez determinado el modelo mecánico y el origen del sistema de referencia local de cada segmento, el desarrollo del proceso de cálculo del análisis de la energía cinética de cada segmento del jugador, se ha realizado en las siguientes fases:

- 1º) Cálculo de los parámetros inerciales segmentarios de cada jugador, partiendo de la masa del sujeto y atendiendo a los datos aportados por de Leva (1996), hemos obtenido, la masa de cada uno de los segmentos y la localización del centro de gravedad segmentario, según la expresión 17.

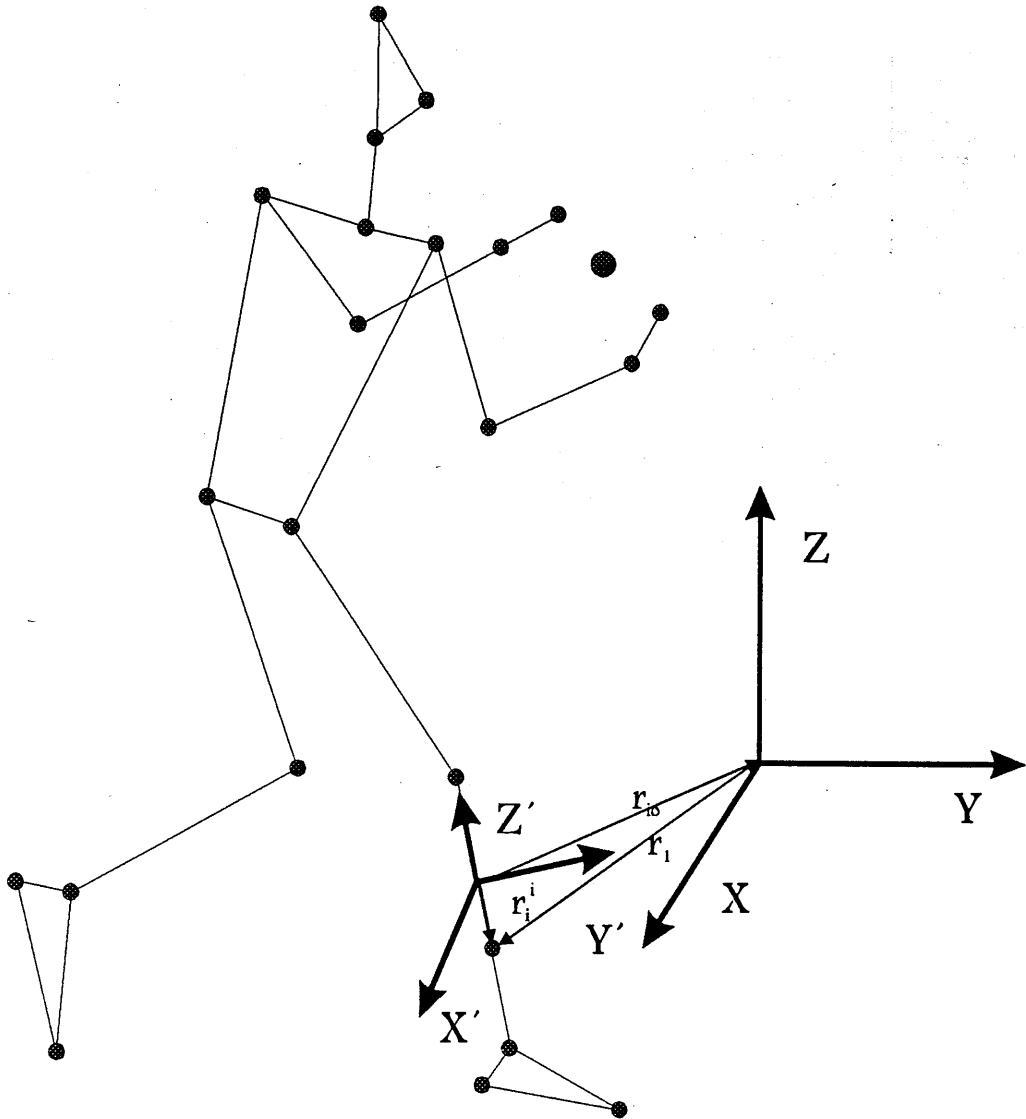


Figura 38.- Modelo del cuerpo humano utilizado, y definición del sistema de referencia inercial (X, Y, Z) y del sistema de referencia no inercial (X', Y', Z').

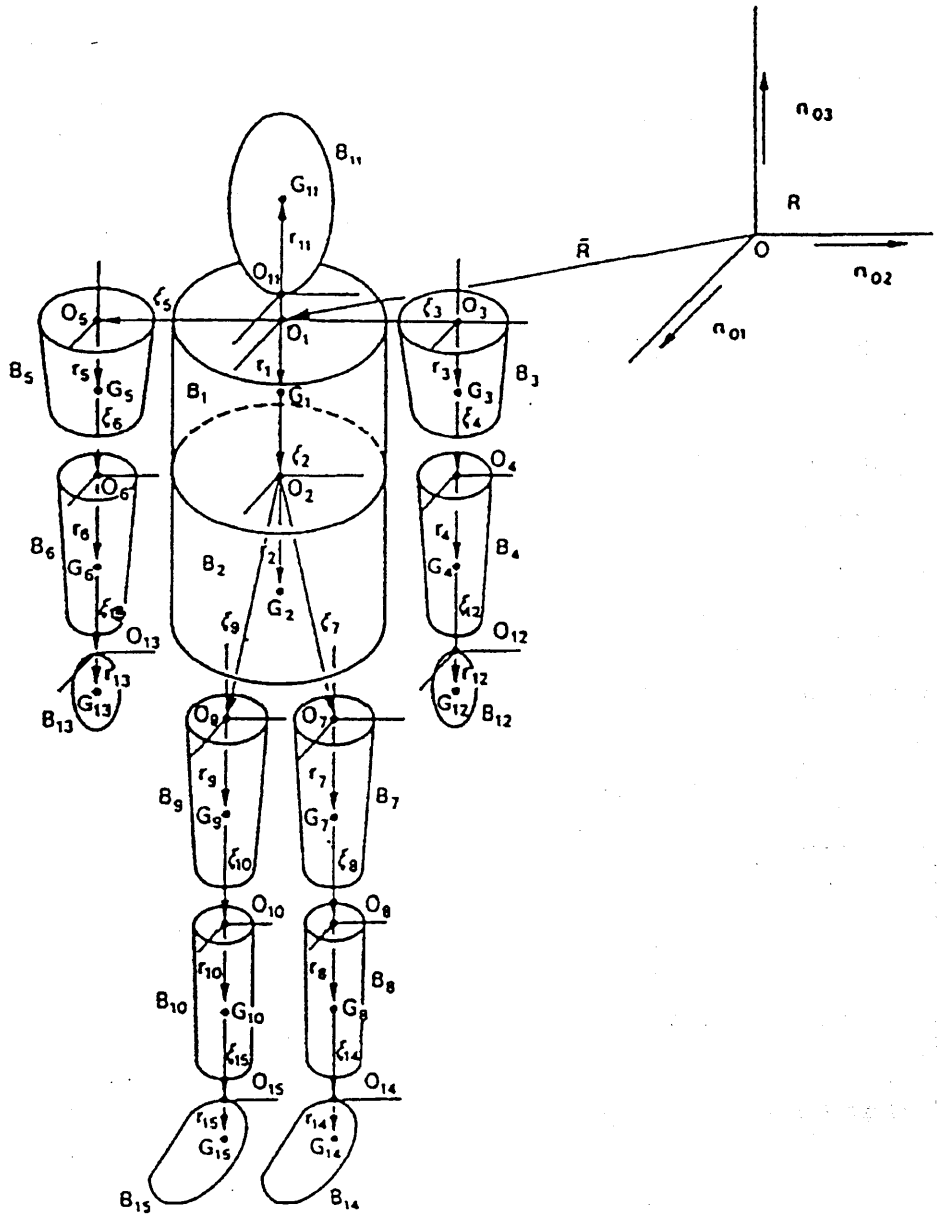


Figura 39.- Modelo de cuerpo humano (adaptado de Huston, 1971).

(E-17)

$$r_{cg} = r_p + \frac{c}{100} (r_p - r_d)$$

donde  $r_{cg}$ , es la localización del centro de gravedad segmentario,  $r_p$ ,  $r_d$  son las localizaciones de las articulaciones proximal y distal respectivamente, y  $c$ , es el porcentaje respecto a la longitud del segmento de la localización del CG.

Los momentos de inercia principales de cada miembro los hemos obtenido a través de un proceso doble; por un lado partiendo del momento de inercia de una barra rígida (expresión 18), con dicha expresión hemos calculado de forma teórica el momento de inercia segmentario, puesto que se conocen las masas segmentarias, y las longitudes las hemos obtenido mediante el promedio de la distancia entre los dos puntos que definen cada barra del modelo teórico del cuerpo humano, con la información de todas las digitalizaciones que componen el movimiento del lanzamiento a canasta.

(E-18)

$$I_b = \frac{1}{12} m_b l_b^2$$

donde  $I_b$  es el momento de inercia de la barra, y  $m_b$  y  $l_b$  su masa y longitud respectivamente.

Por otro lado, se pueden también aproximar los momentos de inercia de cada uno de los miembros utilizando los estudios realizados por Dapena (1978) y Navarro (1994), en los cuales a través de la expresión 19, se adaptan los momento de inercia de la muestra de Whitsett (1963), a las



características antropométricas de los sujetos de estudio. En ambos procesos las diferencias obtenidas en los momentos de inercia han sido mínimas, utilizando finalmente el primer proceso.

(E-19)

$$I_b = I_w \frac{m^* \cdot s^{*2}}{m_w \cdot s_w^2}$$

donde  $I_b$  es el momento de inercia de la barra,  $I_w$ , el momento de inercia según Whitsett,  $m_w$ , y  $s_w$  la masa y estatura promedio de la muestra de Whitsett (hombres del ejército americano con 74.2 de masa y 1.75 m de estatura), y  $m^*$  y  $s^*$  la masa y estatura del sujeto de estudio.

- 2º) En esta segunda fase, es necesario calcular el sistema de referencia local (SRL) para cada uno de los segmentos. El origen del sistema se sitúa en el centro de gravedad segmentario. Para la determinación de los vectores unitarios existen en principio infinitas bases posibles, aunque todas ellas conllevan la misma solución de la energía cinética del sistema, puesto que para la traslación se calcula el movimiento del centro de masas con respecto al sistema de referencia inercial, y en cuanto a la rotación, se analizan los ángulos de los vectores unitarios en ambos sistemas. El SRL, de cada segmento, se define mediante los vectores unitarios  $(x', y', z')$ , de tal modo que el vector unitario  $\vec{z}'$ , de componentes  $(z'_1, z'_2, z'_3)$ , se obtiene mediante los puntos que definen el segmento, según la expresión 20:



(E-20)

$$\vec{Z}' = \frac{r_p - r_d}{|r_p - r_d|}$$

donde  $\vec{Z}'$  es el vector unitario, y  $r_p$  y  $r_d$  son los puntos proximales y distales respectivamente del segmento donde se ubica el SRL.

Los otros dos restantes vectores unitarios, sólo deben cumplir la condición de que sean perpendiculares entre sí, y al vector  $\vec{Z}'$ ; por lo tanto disponemos de múltiples grados de libertad para la elección del SRL, aunque, como hemos comentado anteriormente, todas ellas conllevarán la misma solución para el cálculo de la energía cinética del sistema. Definiendo el vector  $\vec{Y}' = (y'_1, 1, 0)$ , la componente  $y'_1$ , se obtiene imponiendo que X' e Y' sean perpendiculares, según la expresión 21, que realiza el producto vectorial (\*), de Z' e Y':

(E-21)

$$\vec{Z}' * \vec{Y}' = 0 \rightarrow z'_1 \cdot y'_1 + z'_2 \cdot y'_2 + z'_3 \cdot y'_3 = 0$$

$$z'_1 \cdot y'_1 = -z'_2 \Rightarrow y'_1 = \frac{-z'_2}{z'_1}$$

y normalizando se obtiene

$$\vec{Y}' = \frac{(y'_1, 1, 0)}{|\vec{Y}'|}$$

donde  $\vec{Y}'$  se corresponde con otro de los vectores unitarios.

Finalmente, para la determinación del vector  $\vec{X}' = (x'_1, x'_2, x'_3)$ , se impone que los tres vectores unitarios formen una base, y por lo tanto sean linealmente independientes, obteniéndose el vector realizando el siguiente cálculo:

$$\vec{X}' = \begin{pmatrix} \vec{i}' & \vec{j}' & \vec{k}' \\ y'_1 & y'_2 & y'_3 \\ z'_1 & z'_2 & z'_3 \end{pmatrix} =$$

$$\vec{i}'(y'_2 \cdot z'_3 - y'_3 \cdot z'_2) + \vec{j}'(y'_1 \cdot z'_2 - y'_1 \cdot z'_3) + \vec{k}'(y'_3 \cdot z'_1 -$$

(E-22)

$$\vec{X}' = (y'_2 \cdot z'_3, y'_1 \cdot z'_2 - y'_1 \cdot z'_3, -y'_2 \cdot z'_1)$$

y normalizando se obtiene

$$\vec{X}' = \frac{(y'_2 \cdot z'_3, y'_1 \cdot z'_2 - y'_1 \cdot z'_3, -y'_2 \cdot z'_1)}{|\vec{X}'|}$$

donde  $\vec{X}'$  es el vector unitario obtenido a través de la resolución de la presente base.

- 3º) Una vez especificado el sistema de referencia local para cada uno de los miembros del jugador, es necesario calcular la matriz de rotación del sistema de referencia del miembro con respecto al sistema de referencia inercial. Para ello, establecemos la relación entre ambos sistemas de referencia mediante la expresión 23 según la figura 38 (Navarro, 1994).

(E-23)

$${}^{\circ}\vec{r}_i = {}^{\circ}\vec{r}_{i0} + {}^{\circ}A_1 \vec{r}_i^i$$

donde  ${}^{\circ}\vec{r}_1$  es el vector posición entre el origen del SRI y un punto dado del sistema,  ${}^{\circ}\vec{r}_{i0}$ , es el vector posición que relaciona los orígenes de ambos sistemas de referencia, y  $\vec{r}_i^i$ , es el vector posición entre el origen del SRL y el punto dado, siendo  ${}^{\circ}A_i$ , la matriz de transformación del sistema de referencia local del segmento analizado, cuya base es (x',y',z'), con respecto al sistema de referencia inercial (x,y,z).

Los elementos de la matriz  ${}^{\circ}A_i$  se obtienen mediante productos vectoriales entre los diferentes vectores unitarios de ambos sistemas de referencia, expresión 24:

(E-24)

$${}^{\circ}A_i = \begin{pmatrix} \vec{i} * \vec{i}' & \vec{j} * \vec{i}' & \vec{k} * \vec{i}' \\ \vec{i} * \vec{j}' & \vec{j} * \vec{j}' & \vec{k} * \vec{j}' \\ \vec{i} * \vec{k}' & \vec{j} * \vec{k}' & \vec{k} * \vec{k}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

donde  ${}^{\circ}A_i$  se identifica con la matriz de transformación del sistema de referencia local del segmento, con respecto al sistema de referencia inercial.

- 4º) Por último, determinamos la energía cinética total de cada miembro, calculada como la suma de la energía cinética de traslación y la de rotación, según la expresión 25 (Navarro, 1994), para un sólido rígido en forma de barra:

(E-23)

$${}^{\circ}\vec{r}_i = {}^{\circ}\vec{r}_{i0} + {}^{\circ}A_1 \vec{r}_i^i$$

donde  ${}^{\circ}\vec{r}_i$  es el vector posición entre el origen del SRI y un punto dado del sistema,  ${}^{\circ}\vec{r}_{i0}$ , es el vector posición que relaciona los orígenes de ambos sistemas de referencia, y  $\vec{r}_i^i$ , es el vector posición entre el origen del SRL y el punto dado, siendo  ${}^{\circ}A_i$ , la matriz de transformación del sistema de referencia local del segmento analizado, cuya base es  $(x',y',z')$ , con respecto al sistema de referencia inercial  $(x,y,z)$ .

Los elementos de la matriz  ${}^{\circ}A_i$  se obtienen mediante productos vectoriales entre los diferentes vectores unitarios de ambos sistemas de referencia, expresión 24:

(E-24)

$${}^{\circ}A_i = \begin{pmatrix} \vec{i} * \vec{i}' & \vec{j} * \vec{i}' & \vec{k} * \vec{i}' \\ \vec{i} * \vec{j}' & \vec{j} * \vec{j}' & \vec{k} * \vec{j}' \\ \vec{i} * \vec{k}' & \vec{j} * \vec{k}' & \vec{k} * \vec{k}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

donde  ${}^{\circ}A_i$  se identifica con la matriz de transformación del sistema de referencia local del segmento, con respecto al sistema de referencia inercial.

- 4º) Por último, determinamos la energía cinética total de cada miembro, calculada como la suma de la energía cinética de traslación y la de rotación, según la expresión 25 (Navarro, 1994), para un sólido rígido en forma de barra:

(E-25)

$$E_1 = E_c \text{ traslación} + E_c \text{ rotación} =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{v}_{cg}^2 + \frac{1}{2} \text{Tr} [({}^{\circ}\dot{A}_1) J_1 ({}^{\circ}\dot{A}_1)^T]$$

donde  $E_1$  es la energía cinética del segmento,  $m_1$  su masa,  $v_{cg}$ , la velocidad de su CG,  ${}^{\circ}\dot{A}_1$ , es la derivada de la matriz de rotación calculada según la ecuación 24,  $({}^{\circ}\dot{A}_1)^T$ , es la matriz traspuesta de la derivada de la matriz de la misma ecuación anterior, y  $J_1$ , es una matriz, denominada tensor de inercia, definida en función de los momentos de inercia del segmento respecto a los ejes del sistema de referencia local:

$$J_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix}$$

El cálculo de la derivada de  ${}^{\circ}A_1$ ,  ${}^{\circ}\dot{A}_1$ , parte de la consideración ( $\dot{a}_{11} = b_{11}$ ), desarrollándose a través del siguiente proceso:

$${}^{\circ}\dot{A}_1 = \begin{pmatrix} \dot{a}_{11} & \dot{a}_{12} & \dot{a}_{13} \\ \dot{a}_{21} & \dot{a}_{22} & \dot{a}_{23} \\ \dot{a}_{31} & \dot{a}_{32} & \dot{a}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$$

El proceso para la obtención del producto matricial, desarrollado en la expresión 25, se detalla a continuación:

$$\begin{aligned}
 &({}^o\dot{A}_1) J_1 ({}^o\dot{A}_1)^T = \\
 &= \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}^T = \\
 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & b_{13}I \\ 0 & 0 & b_{23}I \\ 0 & 0 & b_{33}I \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} b_{11} & b_{21} & b_{31} \\ b_{12} & b_{22} & b_{32} \\ b_{13} & b_{23} & b_{33} \end{pmatrix}^T = \\
 &= \begin{pmatrix} b_{13}^2I & b_{13}b_{23}I & b_{13}b_{33}I \\ b_{23}b_{13}I & b_{23}^2I & b_{23}b_{33}I \\ b_{33}b_{13}I & b_{33}b_{23}I & b_{33}^2I \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

obteniéndose la traza de este producto matricial:

$$Tr [({}^o\dot{A}_1) J_1 ({}^o\dot{A}_1)^T] = I \cdot (b_{13}^2 + b_{23}^2 + b_{33}^2)$$

donde  $b_{13}$ ,  $b_{23}$  y  $b_{33}$  son las derivadas temporales de los productos vectoriales, ( $\vec{k} * \vec{i}^T$ ;  $\vec{k} * \vec{j}^T$ ;  $\vec{k} * \vec{k}^T$ ), correspondientes a los vectores unitarios de los sistemas de referencia inercial y local del segmento.

Una vez calculada la energía de rotación, como hemos expresado, debemos sumar la energía cinética de traslación, para obtener la energía cinética total del segmento, tal y como se representa en la expresión 25.

En el anexo 2, se presenta el sistema lógico creado para la obtención de la energía cinética del sistema.

En la Tabla 12 y en la figura 40 se esquematizan los factores biomecánicos que se han considerado relevantes en función de la revisión bibliográfica desarrollada descrita en el capítulo dedicado a los antecedentes de los estudios sobre el lanzamiento en baloncesto.

**MÉTODO. Selección y cálculo de las variables dependientes**

**Tabla 12.- Relación de los factores biomecánicos objeto de estudio.**

<b>VARIABLES DE PRODUCTO</b>	Ángulo de salida del balón	$\theta$ (balón)
	Velocidad de salida del balón	$V_s$ (balón)
	Altura de salida del balón	$H_s$ (balón)
	% de la altura de salida con respecto a la altura del jugador	% $H_s$ (balón)
	Altura máxima del salto	$SCG$ (balón)
	% de la altura del CG en el momento de salida el balón con respecto a la altura máxima del salto	% $SCG$ (balón)
<b>1.- VARIABLES TEMPORALES</b>		
	Tiempo de carrera	$T_{(1-2)}$
	Tiempo de comienzo de elevación del balón	$T_{(1-3)}$
	Tiempo de impulso de frenado	$T_{(2+4)}$
	Tiempo de impulso de aceleración	$T_{(4-5)}$
	Tiempo de vuelo	$T_{(5-6)}$
	Tiempo total	$T_{(1-6)}$
<b>2.- VARIABLES RELATIVAS A LAS POSICIONES ESPACIALES ADOPTADAS</b>		
<b>VARIABLES DE PROCESO</b>	Ángulo de despegue del suelo del CG	$\theta$ CG (1)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en la posición más baja del CG	$DCG$ -cb.(1)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro base de la sustentación en el despegue.	$DCG$ -cb.(2)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en la salida del balón.	$DCG$ -cb.(3)
	Distancia comprendida entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento	$DCG$ (4-6)
	Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración	$\theta$ rodilla (4)
	Ángulo del codo en la mínima cota del CG	$\theta$ codo (4)
	Distancia balón-vértex en el momento del despegue	Balón-vértex (5)
	Desplazamiento vertical del balón	$S_y$ (balón)
	% del desplazamiento vertical del balón con respecto a la altura del sujeto	% $S_y$ (balón)
	Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón	$\theta$ tronco (6)
	Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón	$\theta$ hombro (6)
	Ángulo codo en la salida del balón	$\theta$ codo (6)
	Ángulo del codo tras salida del balón	$\theta$ codo (7)
<b>3.- VARIABLES RELATIVAS A LAS VELOCIDADES DESARROLLADAS</b>		
	Velocidad CG plano transversal en el instante de recibir el balón	$V_{x,z(1)}$
	Velocidad CG plano transversal en el despegue del suelo	$V_{x,z(2)}$
	Velocidad CG plano transversal en el instante de salida del balón	$V_{x,z(3)}$
	Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración	$V_{balón}$ (3+4)
	Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón	$\omega$ muñeca (6)

VARIABLE RELATIVA A LA EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA SEGMENTARIA

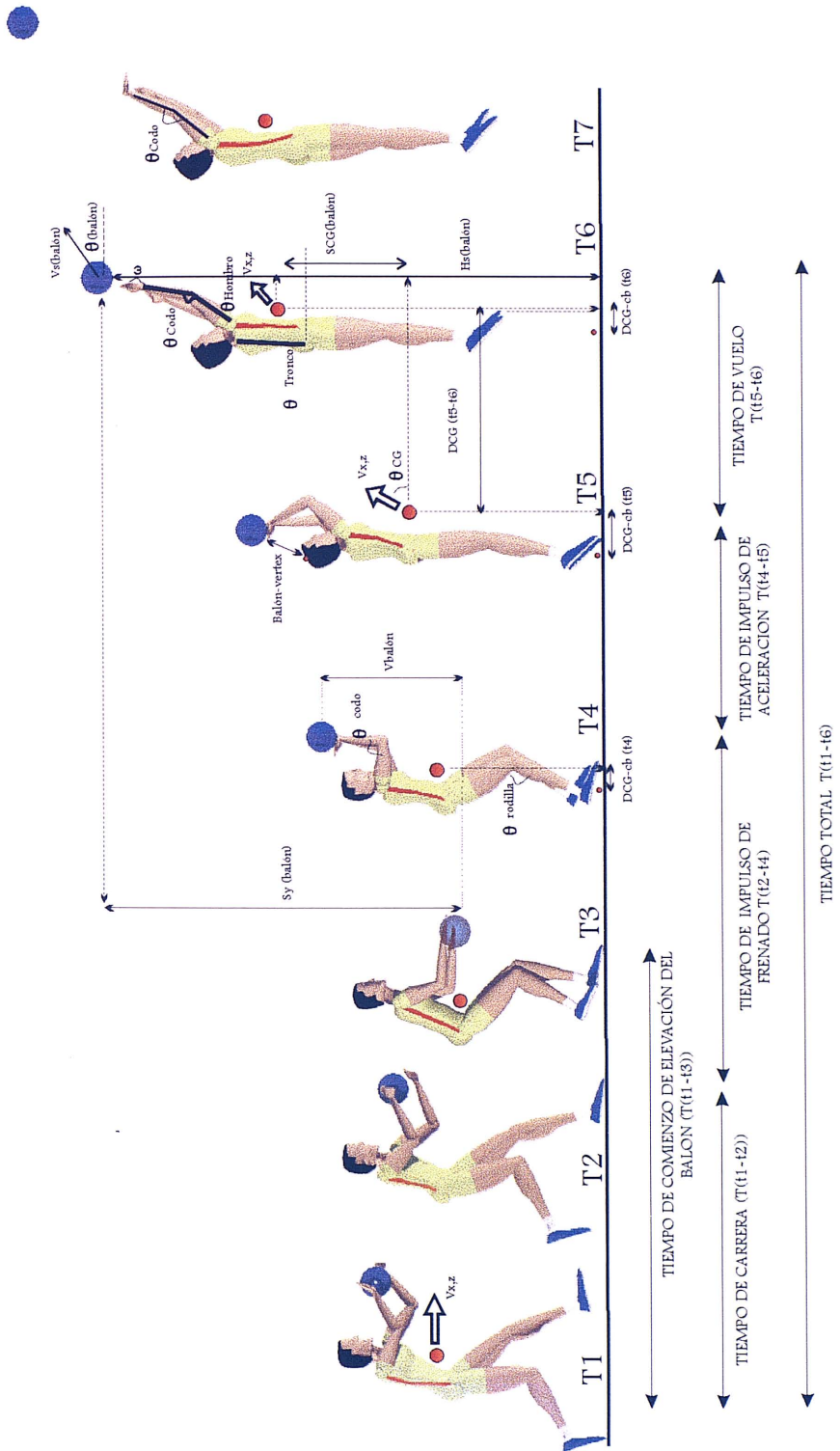


Figura 40.- Representación gráfica de los factores biomecánicos analizados.



### 3.- Resultados

### **3.- RESULTADOS**

En el estudio del efecto de la oposición sobre el lanzamiento a canasta tras carrera previa, se ha realizado un protocolo basado en cuatro actuaciones secuenciales de investigación, en las cuales se han agrupado las variables biomecánicas de estudio relativas al lanzamiento a canasta tras carrera previa, en función de los diferentes objetivos que se pretenden con cada una de dichas actuaciones. Así, a la hora de exponer los resultados, se ha seguido el orden planteado en estas actuaciones de investigación.

#### **3.1. Resultados de la primera actuación de investigación**

Con el objeto de valorar la estructura temporal del lanzamiento a canasta tras carrera previa, se han analizado los resultados obtenidos mediante una estadística descriptiva, basada en técnicas de análisis de tendencia central y de dispersión de los datos, utilizándose respectivamente, la media ( $M$ ) y la desviación típica ( $SD$ ).

En primer lugar y para resolver el problema de validez interna, planteado anteriormente en el método, se ha estudiado la automatización del gesto a través de la valoración de la consistencia temporal de los lanzamientos, tanto en los sujetos que lanzan utilizando el modelo de parada alternativa como en los jugadores que usan el modelo de parada simultánea, siempre en una situación sin oposición.

En las Tablas 13 y 14 se representa la estadística descriptiva correspondiente a los tiempos empleados por cada jugador en los lanzamientos analizados. En la tabla 13 se muestran los resultados de los lanzamientos realizados con parada simultánea (sujetos 5 y 13) y en la tabla 14 los ejecutados con el modelo de parada alternativa (sujetos 6 y 8). Los tiempos analizados se han correspondido con los determinados en cada de una de las fases del lanzamiento a canasta tras carrera previa, siendo éstos el tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ) y tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), diferenciando los lanzamientos efectuados tras parada alternativa y simultánea, y midiendo cada fase del gesto en valor absoluto (s) y relativo (%) al tiempo total  $T(t1-t6)$ .

En estas variables temporales estudiadas, se aprecia una dispersión mínima de los datos, resultando esta dispersión menor cuando la medida temporal de las fases del gesto se realiza en forma de porcentaje del tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), excepto en la variable tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), la cual presenta una dispersión menor cuando se representa el tiempo en valores absolutos. La mayor dispersión de los resultados obtenidos, tanto en valor absoluto como relativo, se ha producido en la variable tiempo de carrera,  $T(t1-t2)$ , mientras que en el resto de las variables la dispersión es menor según se observa en las Tablas 13 y 14.

Los datos numéricos expresados en la tablas anteriores, se representan en las Figuras 41, 42, 43 y 44, en cuyos gráficos, que corresponden a las variables temporales en los ensayos realizados por los sujetos, observamos que la muestra seleccionada posee una línea base definida y estabilizada, sin cambios de tendencia entre las repeticiones del gesto, tanto en los jugadores que han realizado parada alternativa (sujetos 6 y 8) como simultánea (sujetos 5 y 13). Estas tendencias se aprecian más claramente cuando las fases del gesto se miden en valores relativos al tiempo total ( $T(t1-t6)$ ).

**RESULTADOS. Introducción**

**Tabla 13.-** Análisis temporal tanto en tiempos absolutos (s) como en relativos (%) de los lanzamientos realizados con parada simultánea

				Tiempo de carrera	Tiempo de impulso de frenado	Tiempo de impulso de aceleración	Tiempo de vuelo	Tiempo Total
				T(t1-t2)	T (t2-t4)	T (t4-t5)	T (t5-t6)	T (t1-t6)
SUJETO 5	N=4	M	s	0.25	0.23	0.17	0.26	0.91
			%	27.2	25.23	18.81	28.74	100
	SD	s	0.06	0.03	0.01	0.02	0.11	
		%	3.22	1.07	1.98	2.12	0	
SUJETO 13	N=8	M	s	0.37	0.14	0.20	0.19	0.90
			%	40.49	15.79	22.29	21.44	100
	SD	s	0.08	0.05	0.04	0.04	0.07	
		%	7.42	5.69	3.49	5.64	0	

**Tabla 14.-** Análisis temporal tanto en tiempos absolutos (s) como en relativos (%) de los lanzamientos realizados con parada alternativa.

				Tiempo de carrera	Tiempo de impulso de frenado	Tiempo de impulso de aceleración	Tiempo de vuelo	Tiempo Total
				T(t1-t2)	T (t2-t4)	T (t4-t5)	T (t5-t6)	T (t1-t6)
SUJETO 6	N=5	M	s	0.04	0.43	0.20	0.24	0.91
			%	5.78	46.82	21.47	25.93	100
	SD	s	0.04	0.07	0.03	0.01	0.03	
		%	4.67	6.65	3.10	1.55	0	
SUJETO 8	N=7	M	s	0.01	0.35	0.16	0.30	0.83
			%	1.69	42.19	19.58	36.53	100
	SD	s	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	
		%	1.75	4.07	1.35	3.62	0	

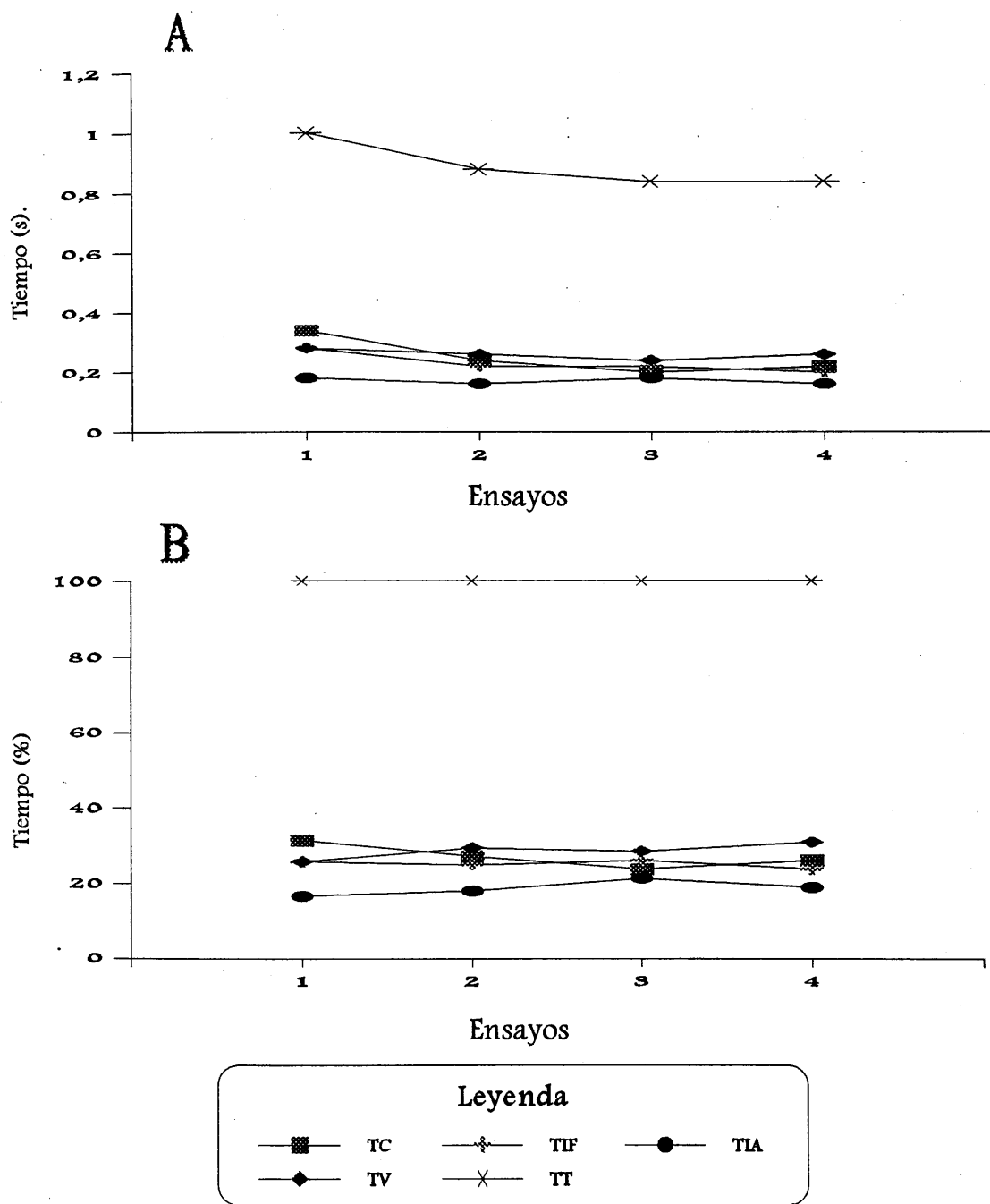


Figura 41.- Representación gráfica de las variables temporales en los ensayos realizados por el sujeto 5, con la utilización del modelo de parada simultánea, tanto en tiempo absoluto (A) como en porcentaje del tiempo total (B).

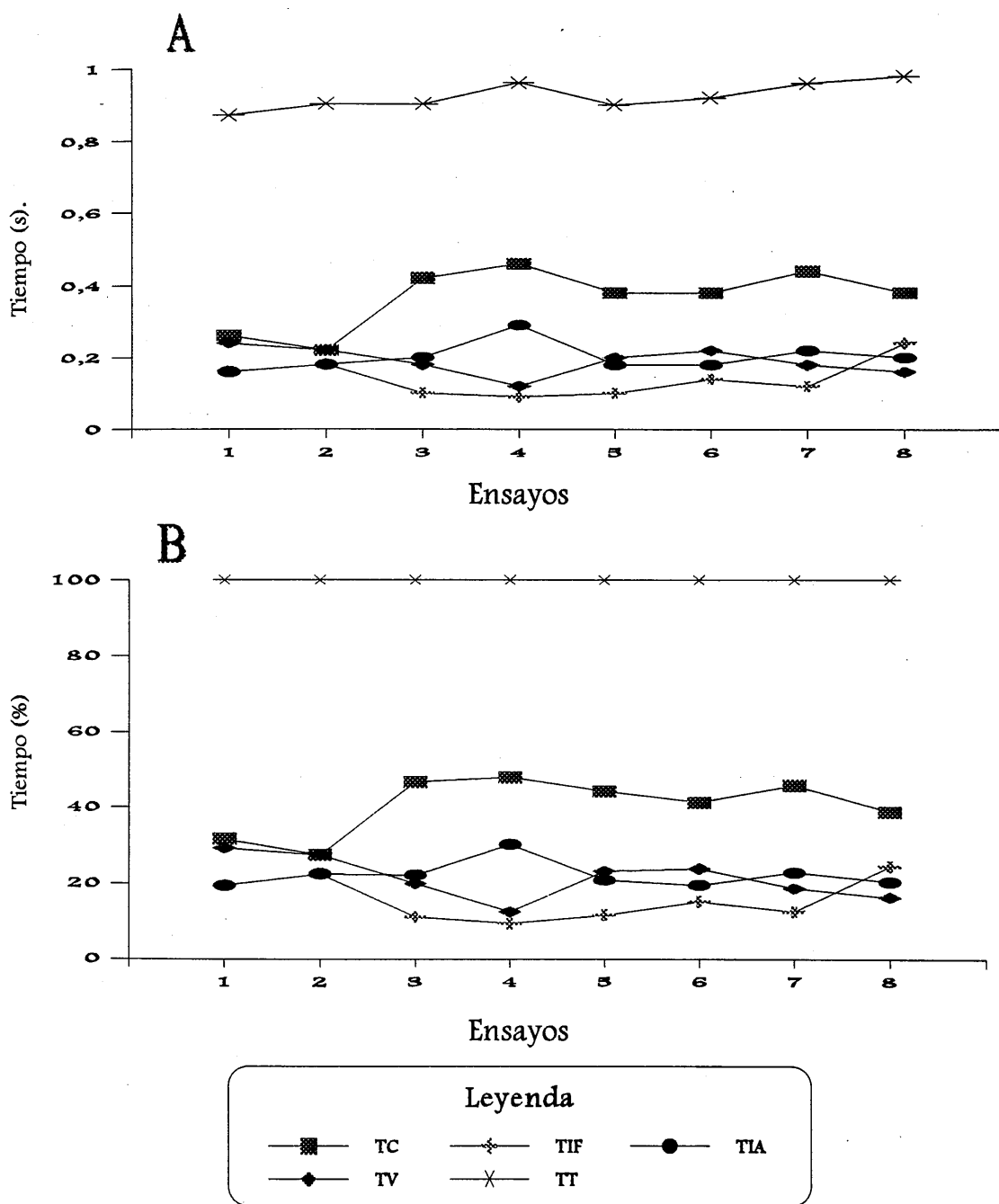


Figura 42.- Representación gráfica de las variables temporales en los ensayos realizados por el sujeto 13, con la utilización del modelo de parada simultánea, tanto en tiempo absoluto (A) como en porcentaje del tiempo total (B).

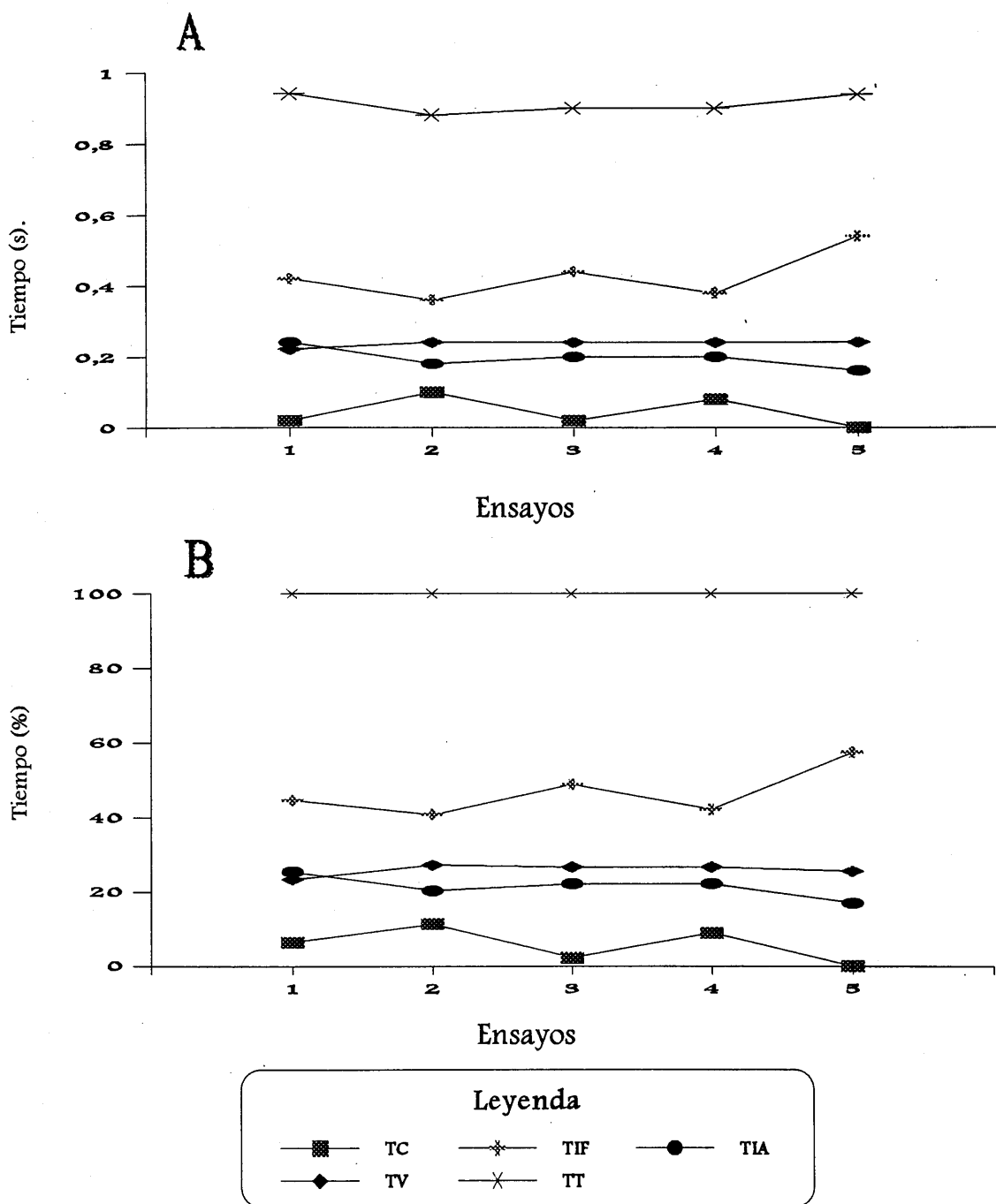


Figura 43.- Representación gráfica de las variables temporales en los ensayos realizados por el sujeto 6, con la utilización del modelo de parada alternativa, tanto en tiempo absoluto (A) como en porcentaje del tiempo total (B).

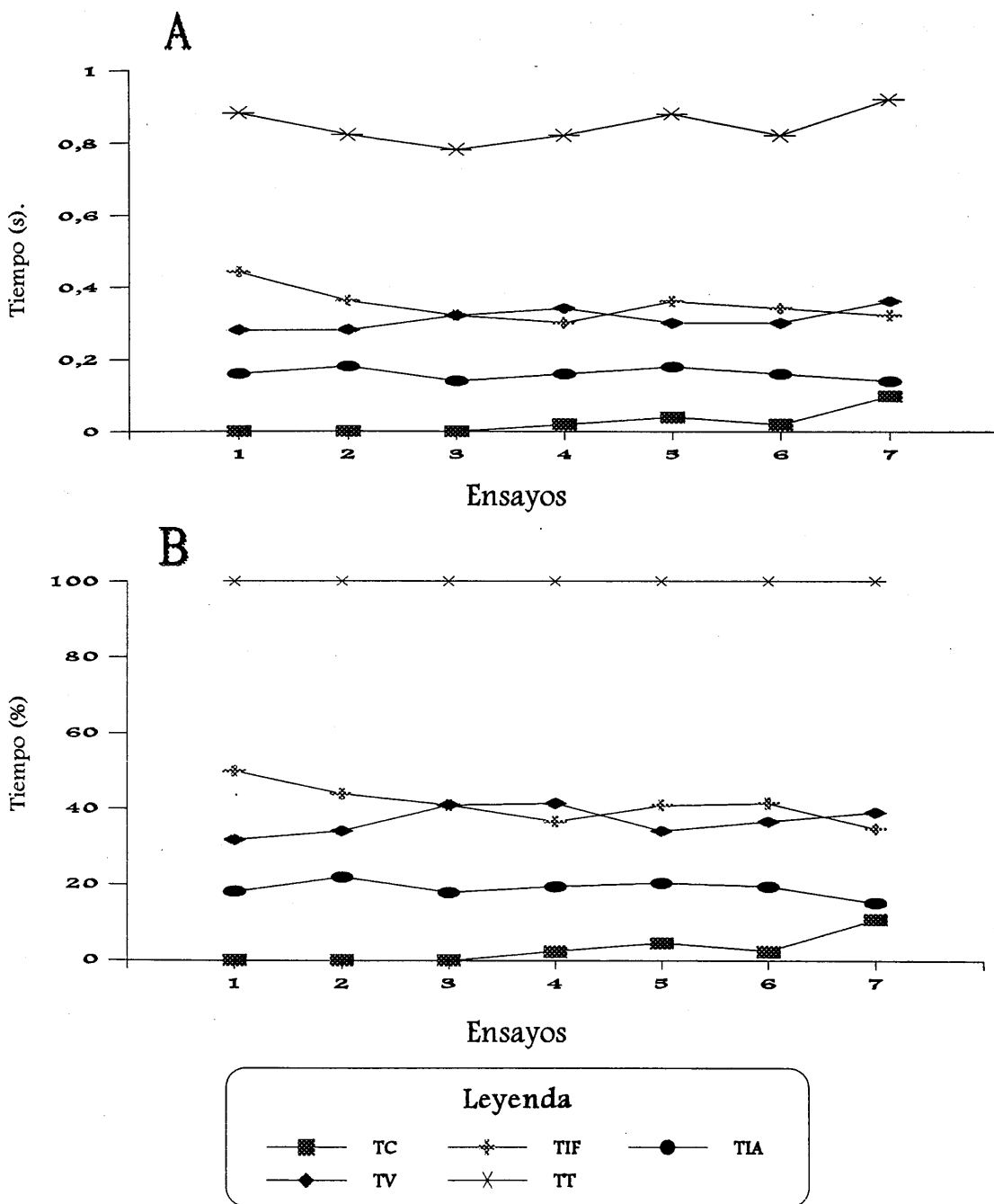


Figura 44.- Representación gráfica de las variables temporales en los ensayos realizados por el sujeto 8, con la utilización del modelo de parada alternativa, tanto en tiempo absoluto (A) como en porcentaje del tiempo total (B).



Siguiendo con el análisis de la estructura temporal del gesto se han agrupado, tanto los lanzamientos de los sujetos que realizan parada simultánea (sujetos 5 y 13), como los lanzamientos de los sujetos que realizan parada alternativa (sujetos 6 y 8) con el objeto de realizar un estudio inferencial a través del análisis de la varianza de medidas repetidas de ambos grupos experimentales. En las tablas 15 (A/B), se exponen los resultados del análisis descriptivo e inferencial de estos grupos. Según estas tablas, los sujetos que realizan los lanzamientos utilizando la parada alternativa, presentan valores inferiores de la variable tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), y valores superiores en la variable tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), que los sujetos que realizan el modelo de parada simultánea en el lanzamiento, siendo en estas variables donde a pesar de que se ha registrado una mayor dispersión de los datos se ha encontrado significación ( $p \leq 0.01$ ). En el resto de las variables analizadas no se han registrado diferencias significativas entre ambos grupos experimentales.

En las Figuras 45 (A/B), se representan los valores medios y las desviaciones típicas de las variables temporales en relación al modelo de parada que utilizan los jugadores, tanto en valores absolutos, (Figura 45 A), como en valores porcentuales al tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), (Figura 45 B).

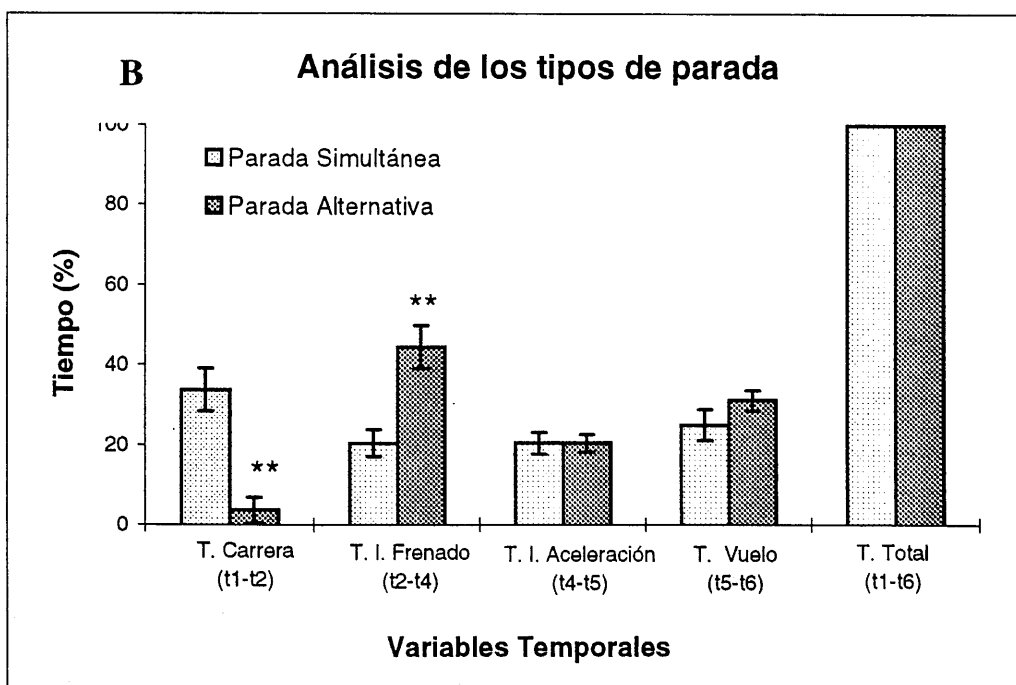
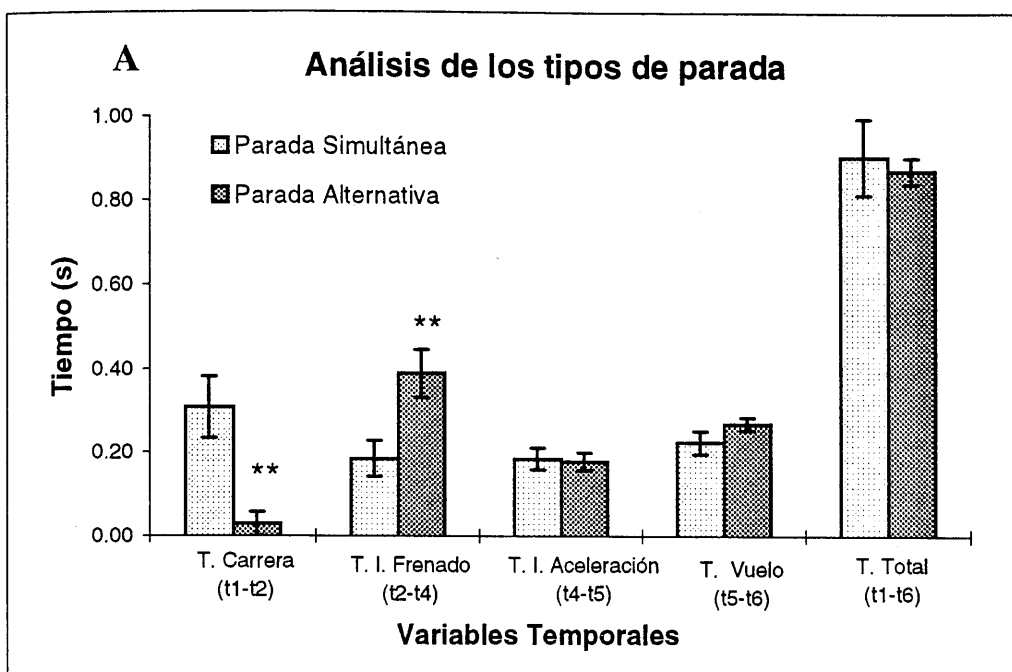
**RESULTADOS. Primera actuación de investigación**

**Tablas 15 (A/B).**- Resultados del análisis de varianza sobre los dos grupos experimentales, midiendo el tiempo en segundos (A) y en tanto por ciento con respecto al tiempo total (T(t1-t6)), (B).

A	PARADA SIMULTÁNEA		PARADA ALTERNATIVA		F	p
	12		12			
N	M(s)	SD(s)	M(s)	SD(s)		
Tiempo de carrera (T(t1-t2))	0.36	0.11	0.12	0.08	32.719	0.000**
Tiempo de I.frenado (T(t2-t4))	0.20	0.07	0.37	0.09	23.063	0.000**
Tiempo de I.aceleración (T(t4-t5))	0.14	0.02	0.16	0.02	4.181	0.063
Tiempo de vuelo (T(t5-t6))	0.24	0.04	0.27	0.04	2.333	0.141
Tiempo total (T(t1-t6))	0.95	0.05	0.93	0.06	1.196	0.286

B	PARADA SIMULTÁNEA		PARADA ALTERNATIVA		F	p
	12		12			
N	M(%)	SD(%)	M(%)	SD(%)		
Tiempo de carrera (T(t1-t2))	37.89	9.87	12.90	9.24	33.381	0.000**
Tiempo de I.frenado (T(t2-t4))	21.05	8.76	38.95	9.05	25.418	0.000**
Tiempo de I.aceleración (T(t4-t5))	14.73	4.31	17.20	4.37	6.023	0.085
Tiempo de vuelo (T(t5-t6))	25.26	6.77	29.03	6.83	1.831	0.32
Tiempo total (T(t1-t6))	100	0	100	0	-	-

(\*\*p≤0.01) (\*p≤0.05)



Figuras 45 (A/B).- Análisis temporal de las fases del gesto en función de los tipos de parada realizados por los jugadores, tanto en tiempo medido en valor absoluto (A) como en relativo (B), (\*\*  $p \leq 0.01$ ).

### **3.2. Resultados de la segunda actuación de investigación**

El diseño experimental desarrollado para esta segunda actuación de investigación se identifica con un diseño intragrupo, donde se manipulan dos variables, con dos niveles en cada una de ellas; la primera variable independiente se identifica con el modelo de parada, con sus dos niveles: a)parada alternativa y b)parada simultánea. La segunda variable independiente, se corresponde con la oposición con los niveles: a)sin oposición y b)con oposición. Todos los sujetos son sometidos a todos los tratamientos experimentales, teniéndose en cuenta el factor sujeto en el análisis de varianza de esta actuación de investigación y el balanceo en la aplicación de los tratamientos experimentales a cada sujeto.

De la aplicación de los niveles de dichas variables se obtienen cuatro grupos experimentales, sin oposición con y sin parada alternativa, y con oposición, con y sin parada simultánea. En las Tablas 16 (A/B) se representan y comparan las diferencias entre los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) de la variable independiente grupo sobre las variables temporales y sus correspondientes niveles de significación ( $p$ ). Entre los grupos que utilizaban parada alternativa y parada simultánea, se evidencian claras diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ), con respecto a las variables de tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), y tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), siendo menor el tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ) y mayor el tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ) en los dos grupos que utilizan el modelo de parada alternativa en el lanzamiento, registrándose en estas variables mayor dispersión de los datos. Sin embargo, no se han encontrado diferencias en cuanto a las variables temporales, tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), y tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ) entre los cuatro grupos experimentales. Con respecto a la variable tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), se han registrado diferencias, ( $p \leq 0.05$ ), entre dos de los cuatro grupos experimentales, el grupo sin oposición y parada alternativa y el grupo con oposición y parada simultánea.

**RESULTADOS. Segunda actuación de investigación**

**Tablas 16 (A/B).**- Resultados globales de la aplicación de las variables tanto en tiempos absolutos (s) (A) como en porcentaje con respecto al tiempo total, T(t1-t6) (%) (B).

A		Sin oposición Parada alternativa	Sin oposición Parada simultánea	Con oposición Parada alternativa	Con oposición Parada simultánea	F	p
N		18	18	18	18		
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.13 0.02	0.23 0.05	0.11 0.07	0.21 0.09	6.103	0.001**
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.33 0.09	0.22 0.05	0.31 0.05	0.19 0.06	9.756	0.000**
Tiempo de I.aceleración, T(t4-t5)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.17 0.03	0.16 0.04	0.16 0.03	0.17 0.03	0.364	0.783
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.21 0.08	0.21 0.09	0.21 0.06	0.17 0.07	1.857	0.151
Tiempo total T(t1-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.83 0.08	0.82 0.08	0.79 0.07	0.74 0.13	1.855	0.151

B		Sin oposición Parada alternativa	Sin oposición Parada simultánea	Con oposición Parada alternativa	Con oposición Parada simultánea	F	p
N		18	18	18	18		
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	<i>M</i> <i>SD</i>	15.49 10.35	28.51 7.42	13.32 9.62	28.37 11.10	6.954	0.001**
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	<i>M</i> <i>SD</i>	38.79 9.58	26.29 4.70	39.68 7.47	25.67 9.05	8.707	0.000**
Tiempo de I.aceleración, T(t4-t5)	<i>M</i> <i>SD</i>	20.37 4.02	19.44 4.51	20.00 4.15	23.45 7.02	1.235	0.310
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	25.32 9.22	25.72 9.98	26.98 6.80	22.49 6.90	0.574	0.151
Tiempo total T(t1-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	- -	- -	- -	- -	-	-

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ ).

La representación gráfica de la Figura 46 presenta las cinco variables temporales estudiadas sobre los cuatro grupos experimentales, en las que se combinan tanto la parada alternativa como la simultánea, en las dos situaciones planteadas relativas a la oposición. Según se observa en las tablas 16 (A/B), y en esta gráfica, se han encontrado diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en los valores de la variable tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), presentándose valores que oscilan entre 0.13s y 0.11s para los dos grupos en los que los lanzamientos se realizan con parada alternativa sin y con oposición, respectivamente, mientras que cuando se ejecutan con parada simultánea sin y con oposición estos valores se duplican siendo de 0.23s y 0.21s respectivamente.

Para el tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), ocurre el caso contrario, ya que la parada alternativa, tanto realizada sin, como con oposición, muestra valores superiores (0.33s y 0.31s) a los obtenidos cuando se ejecuta la parada simultánea, (0.22s y 0.19s respectivamente), hallándose diferencias significativas, ( $p \leq 0.01$ ) entre los cuatro grupos. En la Figura 47, se representa el análisis de la varianza de las variables tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ) y tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ) sobre los cuatro grupos experimentales.

En cuanto al tiempo total  $T(t1-t6)$ , sólo se han encontrado diferencias significativas, ( $p \leq 0.05$ ), entre dos de los cuatro grupos experimentales, concretamente el grupo sin oposición y parada alternativa con un registro medio de 0.83s, mientras que el grupo con oposición y parada simultánea presenta un valor medio de 0.74s. En la Figura 48 se presentan gráficamente los resultados del análisis de la varianza de esta variable sobre los dos grupos experimentales en los que se ha encontrado significación.

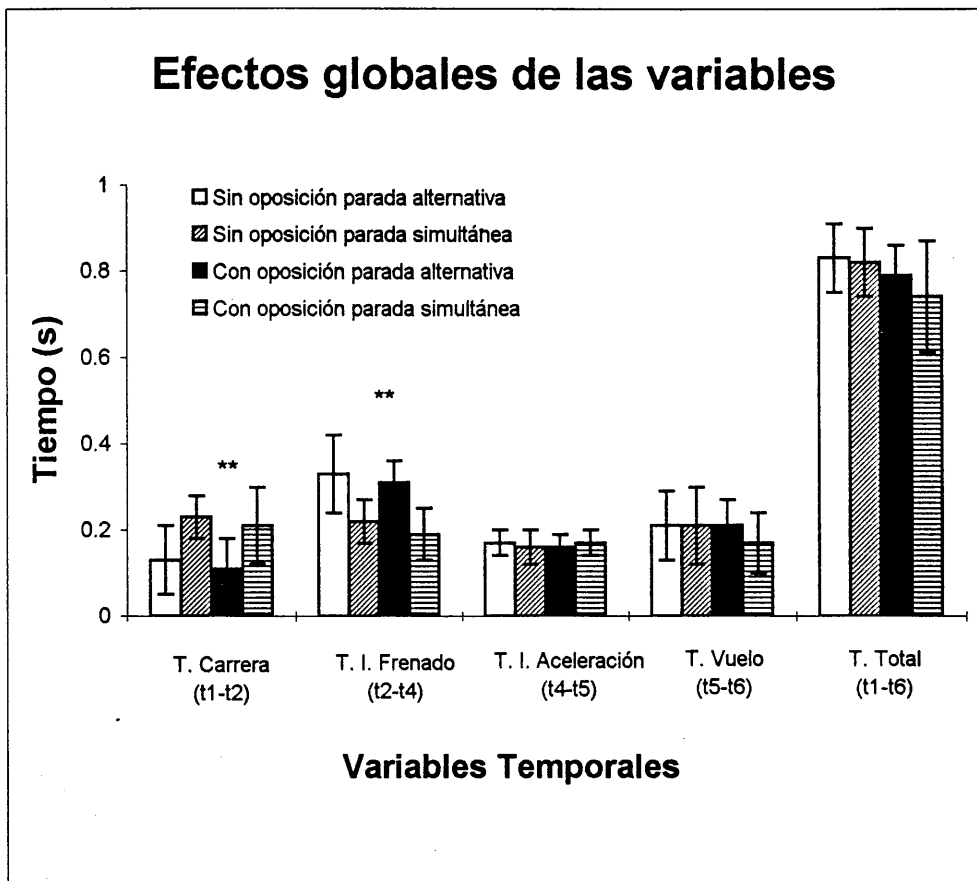
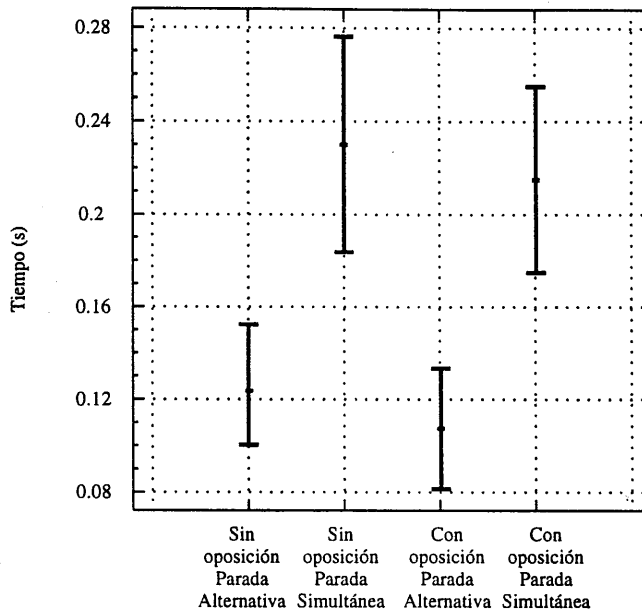
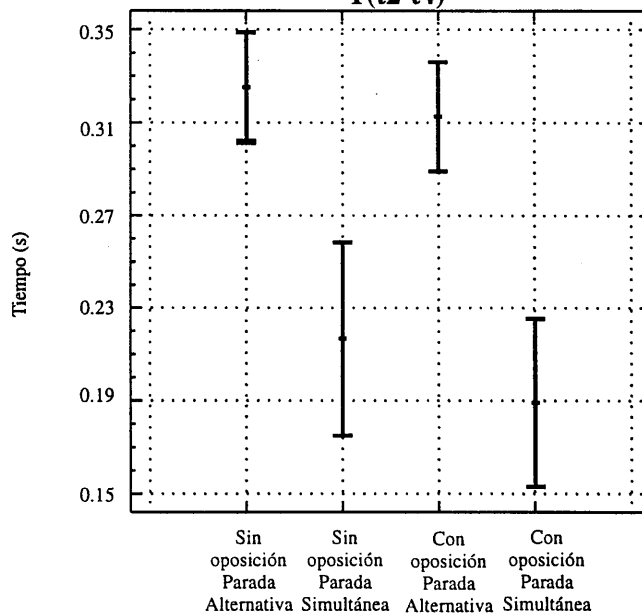


Figura 46.- Representación gráfica de los resultados de las variables temporales de los cuatro grupos experimentales, (\*\* $p \leq 0.01$ ).

**A.- Tiempo de carrera  
T(t1-t2)**



**B.- Tiempo de impulso de frenado,  
T(t2-t4)**



**Figura 47.-** Representación gráfica del análisis de varianza (media y error estándar) sobre las variables tiempo de carrera T(t1-t2) (A) y tiempo de impulso de frenado T(t2-t4) (B) en las cuales se ha obtenido significación entre los cuatro grupos experimentales.



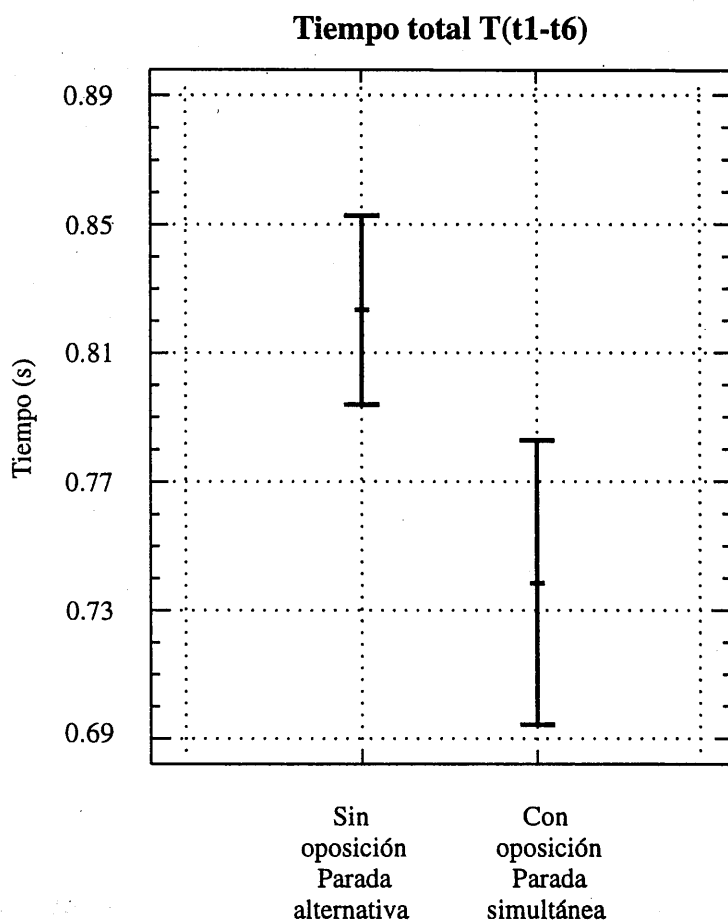
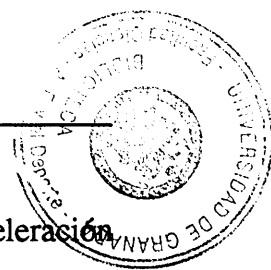


Figura 48.-Representación gráfica del análisis de varianza sobre la variable tiempo total T(t1-t6), en la que se ha obtenido significación entre dos de los cuatro grupos experimentales.



Con respecto al resto de las variables, tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), y tiempo total ( $T(t1-t6)$ ) no se aprecian diferencias significativas entre los cuatro grupos estudiados.

En las Tablas 17, 18 y 19, se muestran los efectos del factor sujeto y de cada una de las variables independientes (oposición y modelo de parada) sobre las variables temporales, tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), y tiempo total ( $T(t1-t6)$ ) comparándose por medio del análisis de varianza (F), y reflejándose sus niveles de significación ( $p$ ). Para este análisis de la varianza se han introducido como variables de entrada el factor sujeto, y las variables oposición y modelo de parada.

Las Tablas 17 (A/B) muestran los efectos independientes de cada una de las variables temporales en relación al factor sujeto, apreciándose claras diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en todos los factores temporales analizados tanto cuando el tiempo se mide en valor absoluto (A), como en valor relativo al tiempo total  $T(t1-t6)$  (B).

La Figura 49, representa los datos que se recogen en la Tabla 17 para los sujetos experimentales, distinguiéndose en ellas la interacción entre las variables tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), y tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), y entre tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ) y tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), estableciéndose una relación inversa, ya que cuando se produce un incremento de una de ellas la otra sufre una disminución.

**RESULTADOS. Segunda actuación de investigación**

**Tablas 17 (A/B).**- Resultados del análisis de varianza del efecto del factor sujeto sobre las variables temporales medias tanto en valor absoluto (s) (A) como en relativo al tiempo total T(t1-t6) (%) (B).

A		S2	S6	S7	S12	S14		
N		13	16	16	15	12	F	p
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	M	0.12	0.08	0.14	0.15	0.21	7.574	0.000**
	SD	0.09	0.07	0.07	0.10	0.06		
Tiempo impulso de frenado, T(t2-t4)	M	0.24	0.37	0.28	0.24	0.29	6.735	0.000**
	SD	0.10	0.07	0.06	0.10	0.04		
Tiempo impulso de aceleración, T(t4-t5)	M	0.19	0.20	0.13	0.14	0.15	20.916	0.000**
	SD	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01		
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	M	0.12	0.23	0.32	0.24	0.13	7.603	0.000**
	SD	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02		
Tiempo total, T(t1-t6)	M	0.68	0.89	0.86	0.78	0.78	24.684	0.000**
	SD	-	-	-	-	-		

B		S2	S6	S7	S12	S14		
N		13	16	16	15	12	F	p
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	M	18.03	9.43	15.98	19.67	27.45	7.986	0.000**
	SD	14.05	7.67	7.72	13.23	6.68		
Tiempo impulso de frenado, T(t2-t4)	M	35.78	41.76%	31.76	30.56	36.63	4.604	0.003*
	SD	13.55%	7.85	7.01	12.50	5.71		
Tiempo impulso de aceleración, T(t4-t5)	M	27.98	22.45	15.23	18.27	19.19	38.484	0.000**
	SD	2.76	2.45	2.43	2.36	1.78		
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	M	18.15	26.34	37.01	31.47	16.71	97.617	0.000**
	SD	2.86	2.32	2.53	3.23	2.46		
Tiempo total, T(t1-t6)	M	-	-	-	-	-	-	-
	SD	-	-	-	-	-		

(\*\*p≤0.01) (\*p≤0.05)

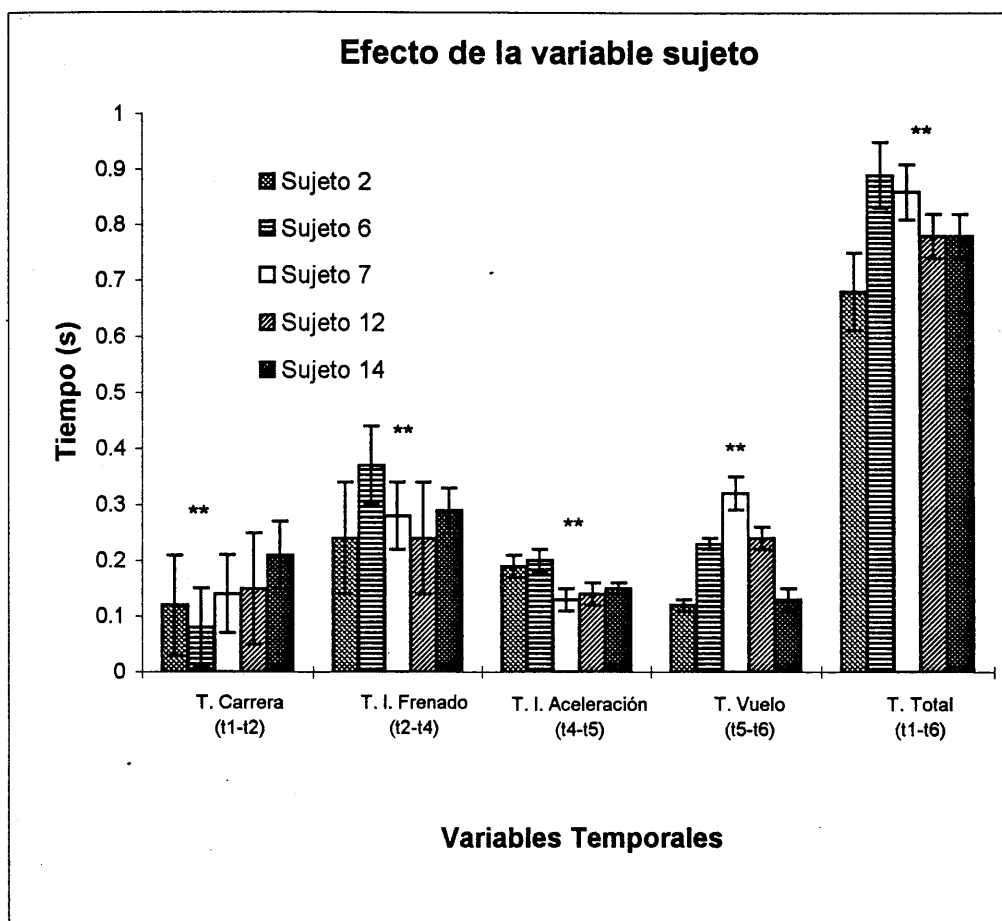


Figura 49.- Representación gráfica del análisis de la varianza del factor sujeto sobre las variables temporales, (\*\* $p \leq 0.01$ ).

Las Tablas 18 (A/B) exponen los resultados del efecto de la oposición sobre los cinco factores temporales estudiados, tanto en valor absoluto (A) como relativo (B), hallándose diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) cuando el tiempo se mide en valor absoluto, en la variable tiempo de vuelo  $T(t_5-t_6)$ , en donde se presentan valores medios de 0.22s y 0.20s para los lanzamientos sin y con oposición, respectivamente. Así mismo, también se han hallado diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ), en la variable tiempo total  $T(t_1-t_6)$ , registrando unos valores medios de 0.82s para los lanzamientos sin oposición y de 0.78s para los lanzamientos ejecutados ante la presencia de oposición. La representación gráfica de estos resultados se muestran en la Figura 50, mientras que en el resto de las variables temporales no se han hallado diferencias significativas.

Los resultados del efecto modelo de parada en el análisis de varianza, se representan en las Tablas 19 (A/B), hallándose diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), para la variable de tiempo de carrera ( $T(t_1-t_2)$ ), valor que disminuye cuando la parada realizada es la alternativa y aumenta en la parada simultánea (0.12s y 0.22s respectivamente). Al contrario ocurre con la variable temporal de impulso de frenado ( $T(t_2-t_4)$ ), que presenta un valor medio de 0.32s cuando la parada ejecutada es la alternativa y de 0.20s cuando se trata de la parada simultánea. Por otro lado, no se han apreciado diferencias significativas en las demás variables temporales como son, tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ), tiempo de vuelo ( $T(t_5-t_6)$ ) y tiempo total ( $T(t_1-t_6)$ ), datos expresados gráficamente en la Figura 51.

**RESULTADOS. Segunda actuación de investigación**

**Tablas 18 (A/B).**- Resultados del análisis de varianza del efecto de la variable oposición sobre las variables temporales medidas tanto en valor absoluto (s) (A) como en valor relativo al tiempo total, T(t1-t6) (%) (B).

<b>A</b>		Sin oposición	Con oposición		
N		36	36	F	p
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	M SD	0.15 0.09	0.14 0.09	0.869	0.366
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	M SD	0.30 0.09	0.28 0.08	1.05	0.311
Tiempo I.aceleración, T(t4-t5)	M SD	0.17 0.03	0.16 0.03	0.973	0.339
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	M SD	0.22 0.06	0.20 0.05	6.870	0.012*
Tiempo total T(t1-t6)	M SD	0.82 0.06	0.78 0.07	10.246	0.003**

<b>B</b>		Sin oposición	Con oposición		
N		36	36	F	p
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	M SD	18.61 11.13	17.78 12.09	0.431	0.521
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	M SD	35.78 10.15	35.53 10.15	0.078	0.784
Tiempo I.aceleración, T(t4-t5)	M SD	20.15 4.06	21.02 5.28	1.614	0.210
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	M SD	25.42 9.19	25.65 7.01	0.004	0.949
Tiempo total T(t1-t6)	M SD	- -	- -	- -	- -

(\*\*p≤0.01) (\*p≤0.05)

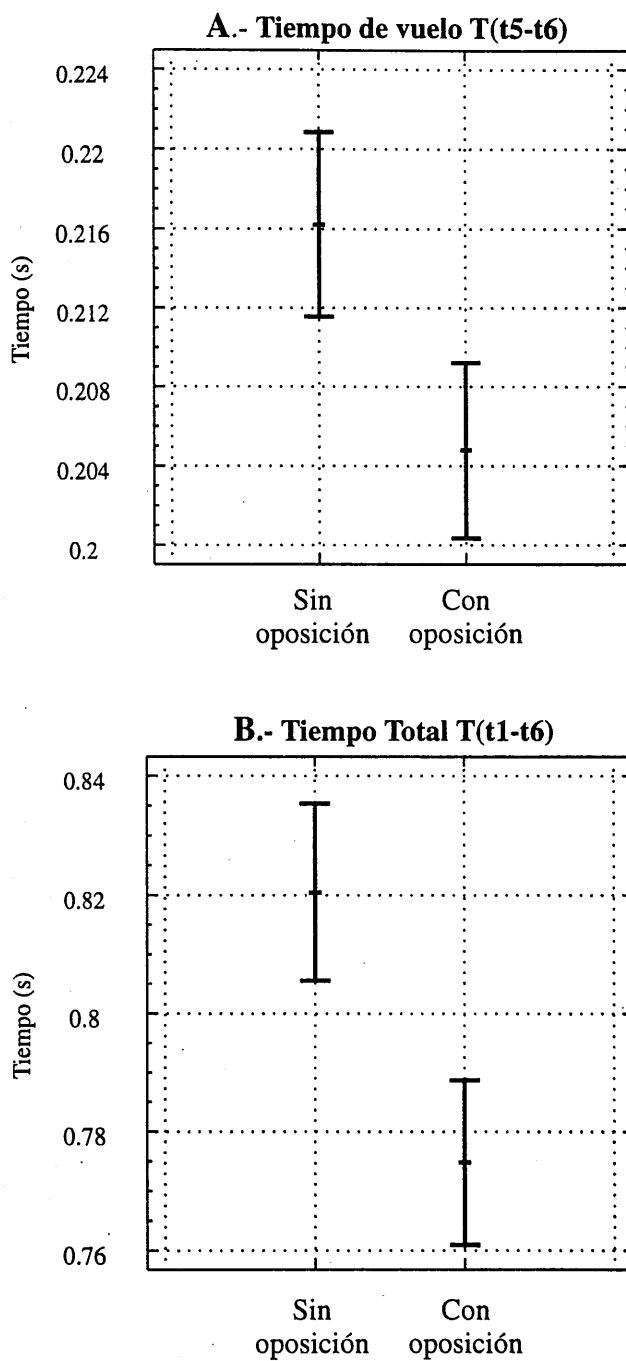


Figura 50.- Representación gráfica del análisis de la varianza de la variable oposición sobre las variables temporales.

**RESULTADOS. Segunda actuación de investigación**

**Tablas 19 (A/B).**- Resultados del análisis de varianza del efecto de la variable modelo de parada sobre las variables temporales medidas tanto en valor absoluto (s) (A) como en valor relativo al tiempo total T(t1-t6) (%) (B).

<b>A</b>					
		Parada alternativa	Parada simultánea		
N		36	36	F	p
Tiempo carrera, T(t1-t2)	M	0.12	0.22	31.285	0.000**
	SD	0.08	0.07		
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	M	0.32	0.20	33.492	0.000**
	SD	0.07	0.05		
Tiempo I.aceleración, T(t4-t5)	M	0.16	0.16	0.473	0.504
	SD	0.03	0.03		
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	M	0.21	0.19	1.562	0.217
	SD	0.07	0.08		
Tiempo total T(t1-t6)	M	0.79	0.80	0.313	0.584
	SD	0.01	0.01		

<b>B</b>					
		Parada alternativa	Parada simultánea		
N		36	36	F	p
Tiempo carrera, T(t1-t2)	M	14.40	28.43	32.283	0.000**
	SD	9.92	9.35		
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	M	39.23	25.94	36.546	0.000**
	SD	8.49	7.26		
Tiempo I.aceleración, T(t4-t5)	M	20.18	21.73	0.638	0.440
	SD	4.04	6.21		
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	M	26.15	23.87	0.190	0.669
	SD	8.03	8.16		
Tiempo total T(t1-t6)	M	-	-	-	-
	SD	-	-		

(\*\*p≤0.01) (\*p≤0.05)



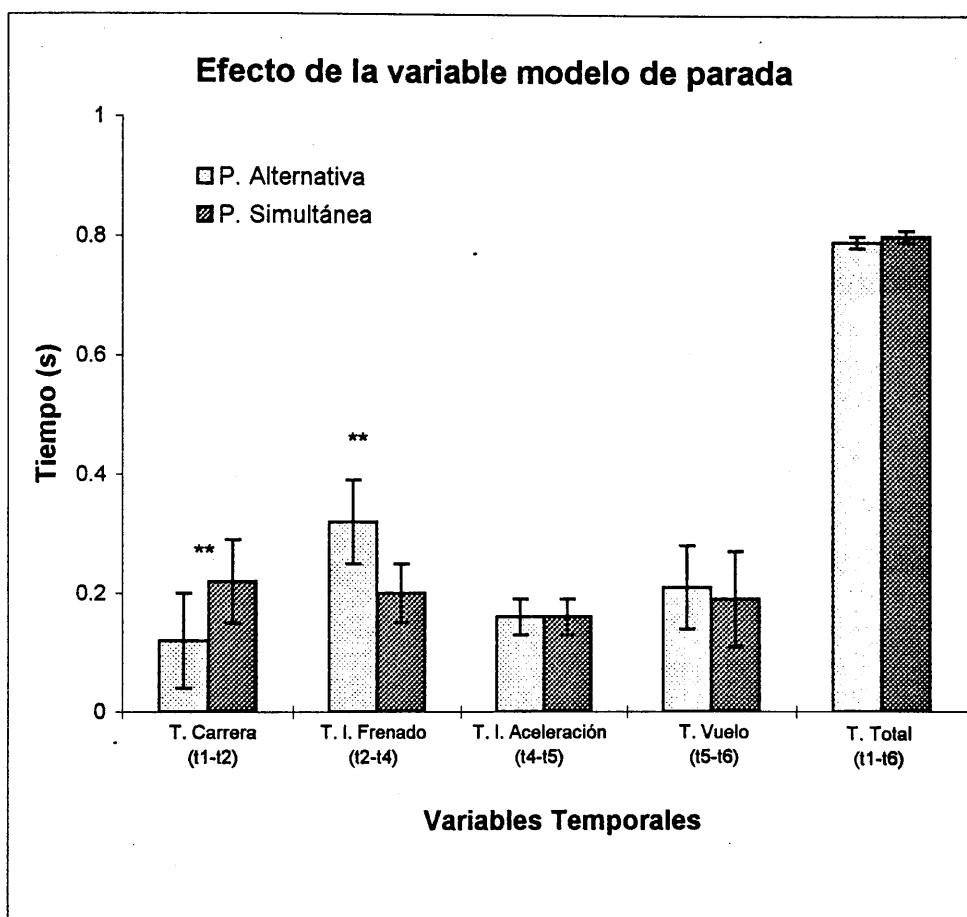


Figura 51.- Representación gráfica del análisis de la varianza de la variable modelo de parada sobre las variables temporales, (\*\* $p \leq 0.01$ ).

### **3.3. Resultados de la tercera actuación de investigación**

El diseño experimental de esta actuación se ha basado en la aplicación a la muestra seleccionada de los dos niveles de la variable independiente oposición, estableciéndose dos grupos experimentales, lanzamientos sin oposición y lanzamientos efectuados con oposición, teniendo en cuenta como control experimental, el balanceo de aplicación de los niveles de la variable oposición a cada sujeto para valorar la incidencia de este factor sobre el lanzamiento a canasta tras carrera previa.

Como se ha dicho, la variable independiente, en esta tercera investigación, es la oposición, permaneciendo constante en todos los ensayos el modelo de parada, que en este caso corresponde a la parada alternativa. Las variables dependientes han sido los factores biomecánicos, agrupados en variables de producto (velocidad, ángulo y altura de salida del balón), y variables de proceso, distinguiéndose las relativas a posiciones espaciales, temporales y de velocidades desarrolladas durante el lanzamiento.

En las Tablas 20, 21, 22 y 23, se representa la estadística descriptiva e inferencial a través de los valores numéricos de la media y desviación típica y del análisis de la varianza (ANOVA) (F), y el correspondiente nivel de significación ( $p$ ) de cada variable, comparándose los valores obtenidos sin y con oposición.

#### **3.3.1. Variables de producto**

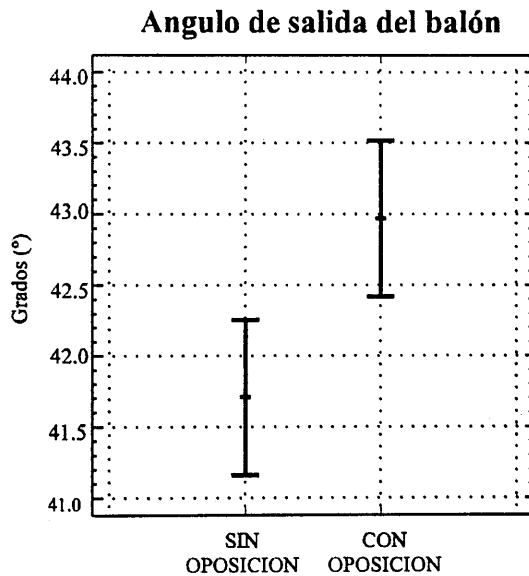
En primer lugar, se han analizado las variables de producto, Tabla 20, entre las cuales la variable ángulo de salida del balón,  $\theta$  (balón), es la única en la cual se han obtenido ciertas diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), con respecto

**RESULTADOS. Tercera actuación de investigación**

**Tabla 20 .-** Resultados de las variables de producto.

N	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Ángulo de salida del balón, $\theta$ (balón)	41.71	4.33	42.97	3.67	5.281	0.023*
Velocidad de salida del balón, $V_s$ (balón)	6.30	0.57	6.36	0.50	0.210	0.653
Altura de salida del balón, $H_s$ (balón)	2.85	0.16	2.88	0.16	1.735	0.193
% con respecto a la altura del jugador, % $H_s$ (balón)	146.36	4.45	147.81	5.59	1.894	0.174
Altura máxima del salto, $SCG$ (balón)	0.32	0.09	0.31	0.09	0.484	0.497
% con respecto a la salida del balón, % $SCG$ (balón)	94.78	9.01	94.53	7.24	0.027	0.872

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )



**Figura 52.-** Representación gráfica del resultado del análisis de la varianza (ANOVA), sobre la variable ángulo de salida del balón.

a la variable oposición, incrementándose los valores en los lanzamientos realizados con oposición, presentando unos valores medios de  $41.71^\circ$ , sin oposición y  $42.97^\circ$  con oposición, (Figura 52). En el resto de las variables de producto no se han hallado diferencias significativas.

### **3.3.2. Variables de proceso**

En cuanto a las variables temporales de proceso, Tabla 21, se distinguen diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), en la variable tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), en donde los lanzamientos sin oposición poseen un valor superior a los realizados con oposición, presentando valores medios de 0.26s y 0.24s, respectivamente. La Figura 53 representa gráficamente los resultados del análisis de varianza.

Continuando con las variables de proceso, y con respecto a las posiciones espaciales adoptadas por el jugador (Tabla 22) tan sólo se aprecian diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en la variable ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración ( $t4$ ), representada en la Figura 54. Dicha variable muestra valores inferiores cuando el lanzamiento ejecutado se realiza sin oposición, resultando valores medios de  $107^\circ$  sin oposición y  $110^\circ$  con oposición.

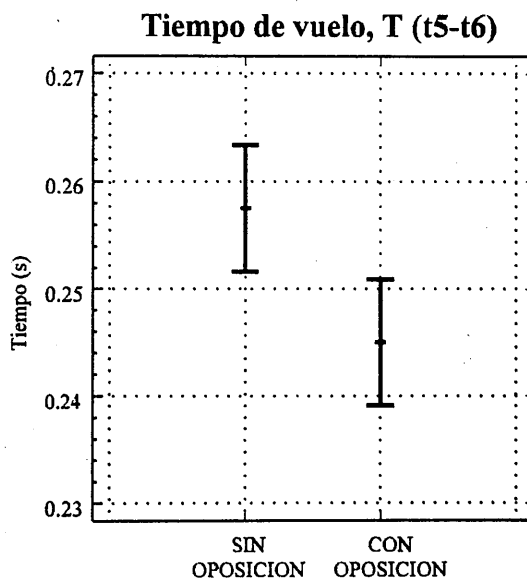
Las variables referidas a las velocidades desarrolladas por el jugador (Tabla 23), nos muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en la variable velocidad media del balón, desde la mínima altura vertical del balón ( $t3$ ) hasta el comienzo del impulso de aceleración ( $t4$ ), resultando valores medios mayores en los lanzamientos realizados con oposición, 4.45 m/s y 4.07 m/s respectivamente (Figura 55). En el resto de las medidas de velocidades tanto del centro de gravedad como en la velocidad angular de la muñeca no se hallaron diferencias significativas.

**RESULTADOS. Tercera actuación de investigación**

**Tabla 21.-** Resultados de las variables de proceso: a) Variables temporales.

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	0.14	0.10	0.17	0.12	1.819	0.182
Tiempo comienzo elevación del balón, T(t1-t3)	0.14	0.07	0.12	0.04	0.290	0.598
Tiempo de impulso de frenado, T(t2-t4)	0.30	0.09	0.30	0.08	0.073	0.791
Tiempo de impulso de aceleración, T(t4-t5)	0.16	0.03	0.16	0.03	0.454	0.510
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	0.26	0.06	0.24	0.05	4.512	0.04*
Tiempo total, T(t1-t6)	0.86	0.10	0.87	0.12	0.572	0.460

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )



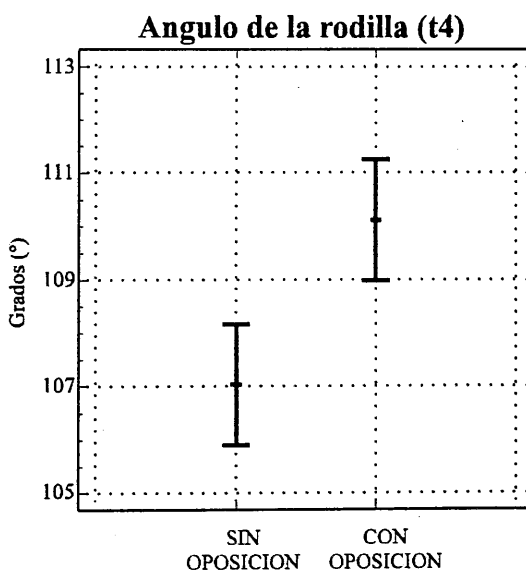
**Figura 53.-** Representación gráfica del resultado del análisis de la varianza (ANOVA), sobre la variable tiempo de vuelo, T(t5-t6).

**RESULTADOS. Tercera actuación de investigación**

**Tabla 22.-** Resultados de las variables de proceso: b) Variables de posiciones espaciales.

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Ángulo despegue del suelo CG, $\theta_{CG}$ (t5)	77.86	6.54	77.17	5.80	0.233	0.636
Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en: la posición más baja del CG DCG-cb.(t4)	0.16	0.07	0.15	0.07	0.583	0.456
el despegue. DCG-cb.(t5)	0.14	0.05	0.13	0.05	1.330	0.253
la salida del balón. DCG-cb.(t6)	0.07	0.04	0.08	0.04	2.644	0.109
Distancia comprendida entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento DCG (t5-t6)	0.12	0.04	0.12	0.04	0.072	0.793
Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración, $\theta_{rodilla}$ (t4)	107.01	10.49	110.1	10.14	7.424	0.008**
Ángulo codo en la mínima cota del CG, $\theta_{codo}$ (t4)	73.00	15.43	71.81	12.45	0.202	0.660
Distancia balón-vértex en el momento del despegue Balón-vértex (t5)	0.26	0.05	0.26	0.05	0.462	0.506
Desplazamiento vertical balón $Sy_{(balón)}$	1.89	0.20	1.92	0.20	2.639	0.109
% con respecto a altura sujeto $Sy_{(balón)}$	96.61	8.23	98.67	8.07	2.899	0.094
Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón, $\theta_{tronco}$ (t6)	82.68	2.87	83.26	2.64	0.997	0.333
Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón, $\theta_{hombro}$ (t6)	136.64	5.97	137.52	4.94	0.474	0.501
Ángulo codo en salida del balón, $\theta_{codo}$ (t6)	123.81	9.89	124.42	10.54	0.099	0.757
Ángulo del codo tras salida del balón, $\theta_{codo}$ (t7)	143.08	10.62	145.08	8.64	0.861	0.367

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )



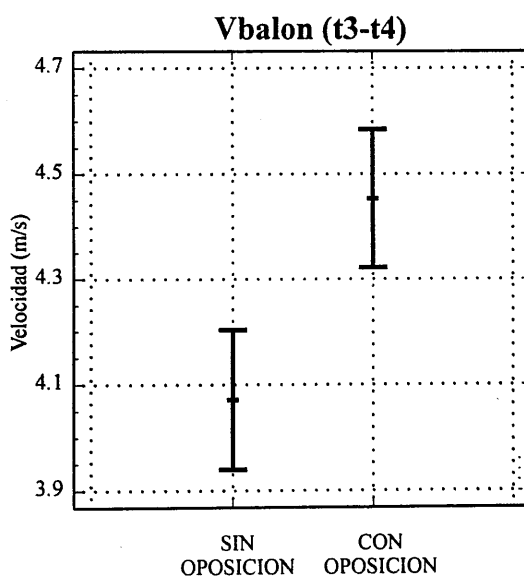
**Figura 54.-** Representación gráfica del resultado del análisis de la varianza (ANOVA), sobre la variable ángulo de la rodilla (t4).

**RESULTADOS. Tercera actuación de investigación**

**Tabla 23.-** Resultados de las variables de proceso: c) Variables de velocidades desarrolladas.

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Velocidad CG plano transversal en el instante de recibir el balón, $V_{x,z(t1)}$	2.11	0.71	2.25	0.73	0.923	0.351
despegue del suelo, $V_{x,z(t5)}$	0.55	0.29	0.58	0.25	0.093	0.765
salida del balón, $V_{x,z(t6)}$	0.64	0.25	0.61	0.29	0.195	0.665
Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración $V_{balón} (t3-t4)$	4.07	0.90	4.45	0.91	8.405	0.005**
Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón, $\omega_{muñeca} (t6)$	26.22	8.19	24.03	5.10	2.126	0.150

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )



**Figura 55.-** Representación gráfica del resultado del análisis de la varianza (ANOVA), sobre la variable  $V_{balón} (t3-t4)$ .

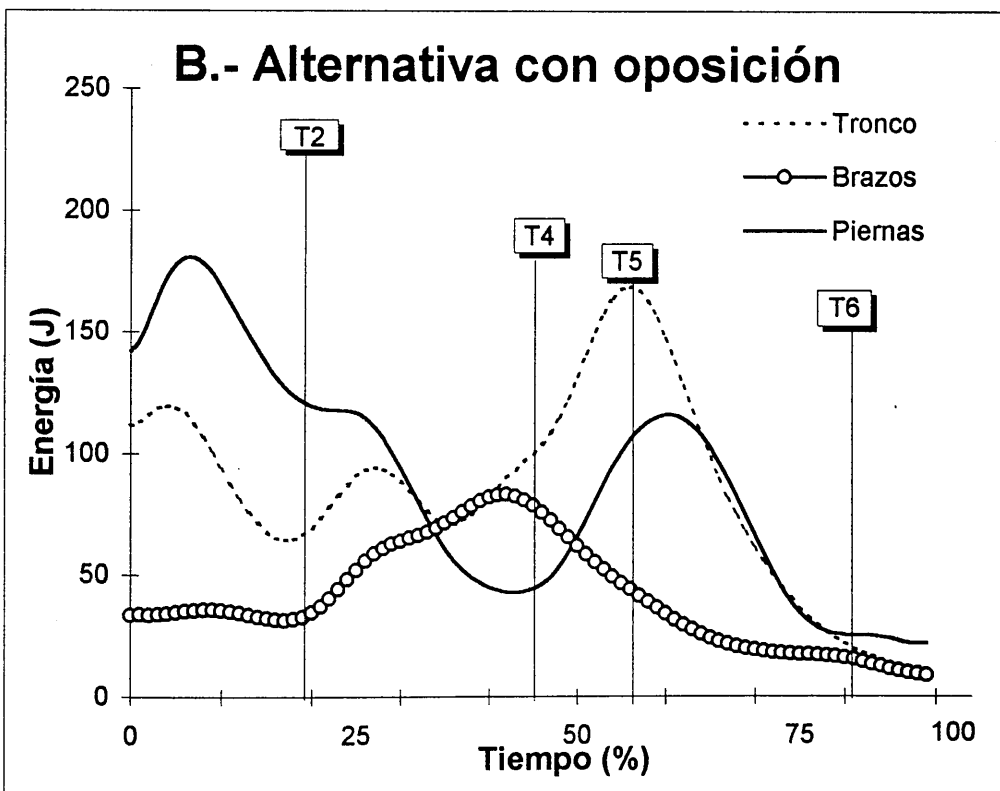
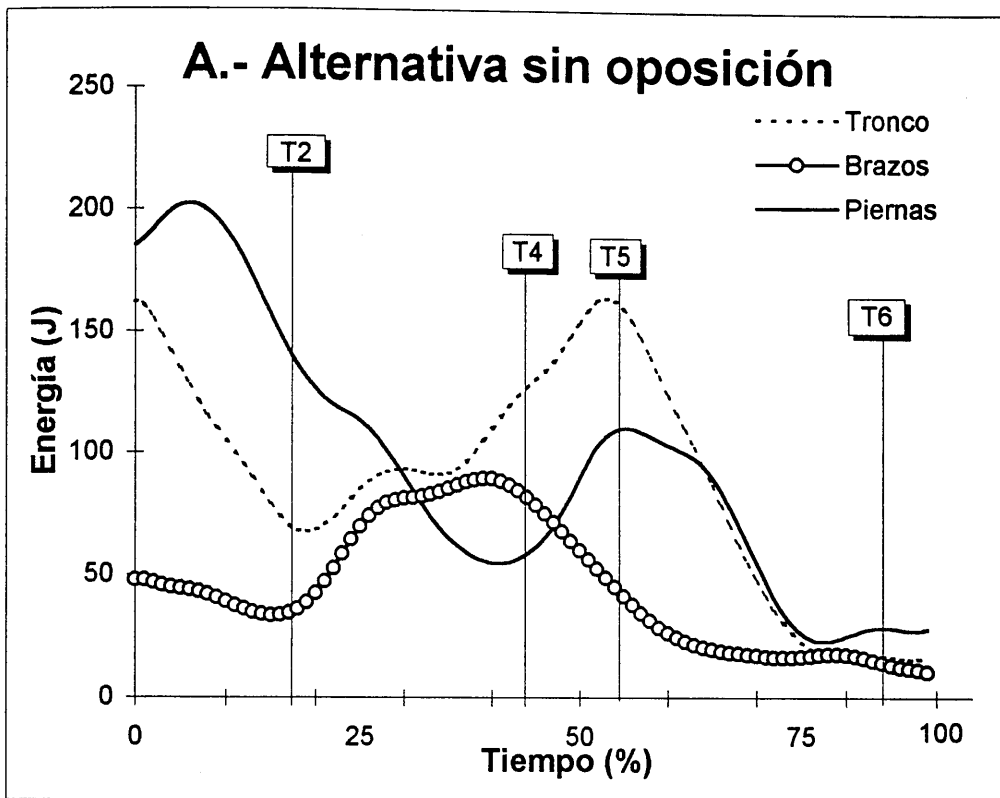
### **3.3.3. Análisis de la cadena cinética**

En último lugar, se ha llevado a cabo el estudio de la cadena cinética empleada por los jugadores, tanto en los lanzamientos efectuados sin oposición como en los realizados con oposición, con el objetivo de determinar las características secuenciales del lanzamiento a canasta tras carrera previa. La valoración de la cadena cinética se ha desarrollado mediante el análisis de la energía cinética y de la velocidad angular sobre los ejes antero-posterior y transversal de cada segmento durante el lanzamiento.

En esta tercera actuación de investigación, el estudio de la cadena cinética se ha diferenciado en función de los niveles de la variable independiente oposición, con el fin de valorar la influencia de esta variable sobre el gesto de estudio. Los resultados relativos a la evolución de la energía cinética y a la velocidad angular, se presentan de forma gráfica con respecto al tiempo, habiéndose interpolado en función del porcentaje del tiempo comprendido entre la recepción del balón ( $t_1$ ) y la quinta imagen (0.10s) posterior al lanzamiento ( $t_7$ ).

En primer lugar, se ha realizado un análisis de la interacción entre las extremidades inferiores, tronco y extremidades superiores recogiendo los valores medios de los lanzamientos realizados sin y con oposición, tanto de las energías cinéticas como de las velocidades angulares segmentarias. En las Figuras 56 (A/B) se muestran las medias de los valores de la energía cinética de las extremidades inferiores (piernas), tronco y extremidades superiores (brazos), de los nueve sujetos en las situaciones experimentales, sin oposición (A) y con oposición (B).





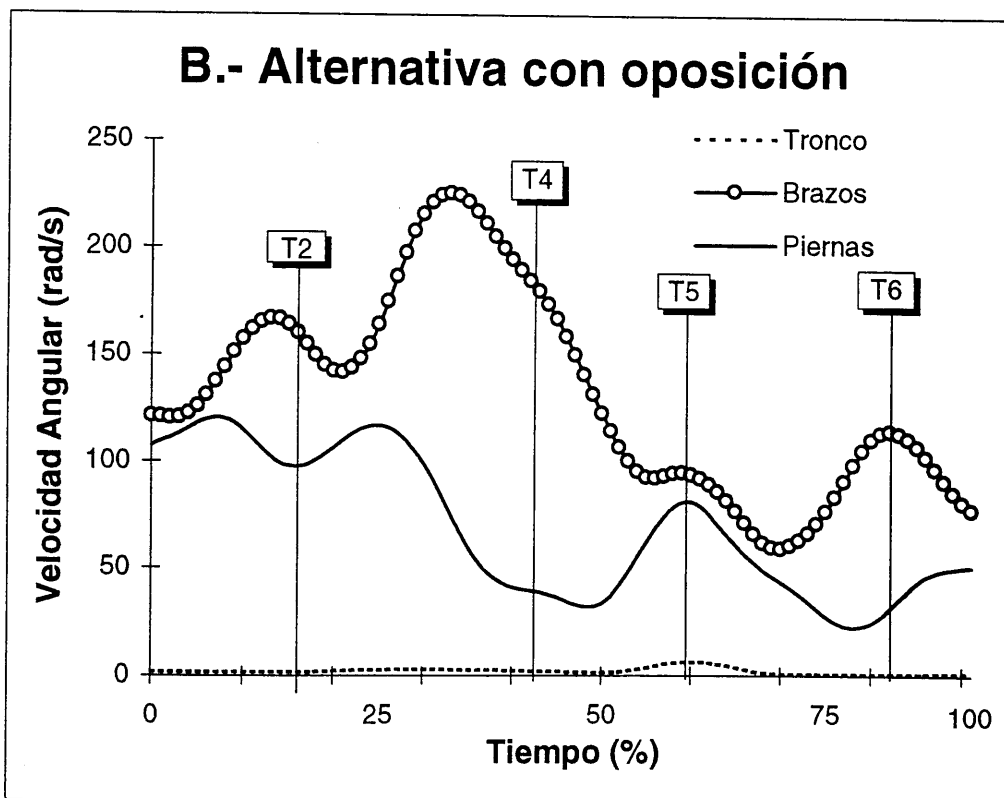
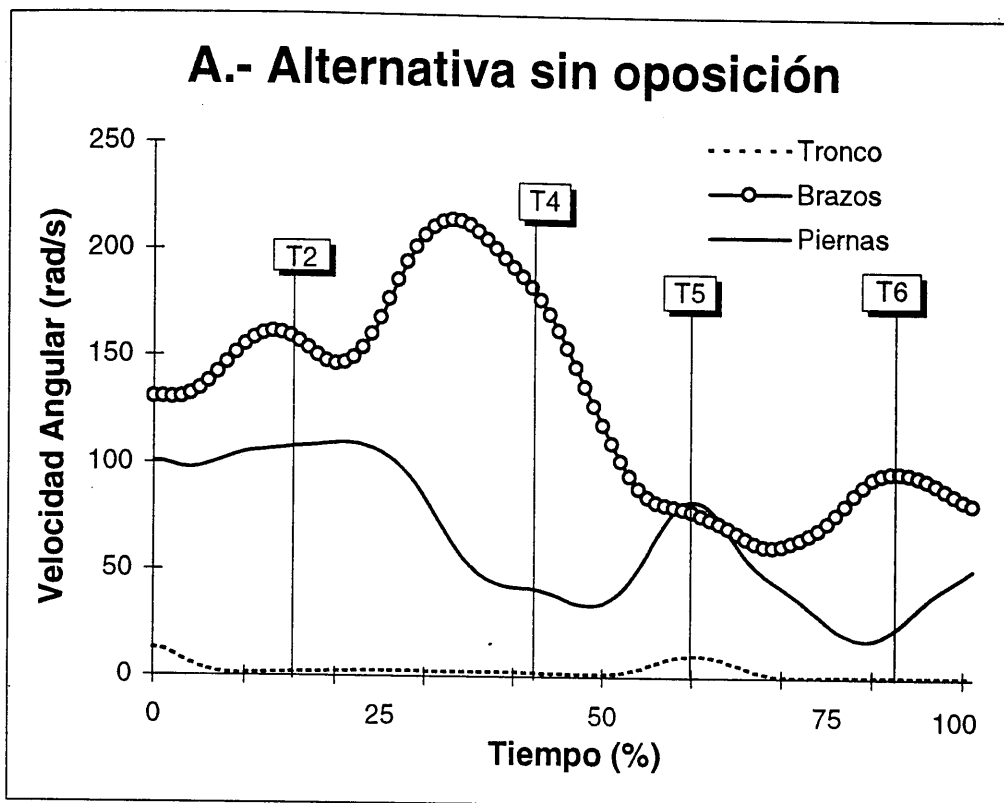
Figuras 56 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las energías cinéticas del tronco, extremidades superiores (brazos) y extremidades inferiores (piernas) en las situaciones, sin oposición (A) y con oposición (B).

Comenzando con el análisis de las energías cinéticas de tronco y piernas se aprecia que ambas evolucionan paralelamente, anticipándose ligeramente los valores del tronco a los valores de las piernas. Estos valores disminuyen desde el comienzo del tiempo de impulso de frenado ( $t_2$ ), hasta el comienzo del impulso de aceleración ( $t_4$ ), en donde se observa un incremento paulatino en los valores de ambos segmentos, siendo más acusado en los valores del tronco, llegando a sus valores más elevados en el momento del despegue de ambos pies del suelo ( $t_5$ ), para a partir de ahí disminuir sus energías cinéticas ya que se encuentran en fase aérea.

En relación a la evolución de la energía cinética de la extremidades superiores (brazos), se aprecia un continuo aumento de sus valores especialmente durante el tiempo de impulso de frenado,  $T(t_2-t_4)$ . A partir de ese momento y hasta el final del gesto dichos valores disminuyen observándose un mínimo aumento en el momento de salida del balón ( $t_6$ ).

Con respecto a las diferencias existentes entre los lanzamientos realizados bajo el efecto del nivel de la variable sin oposición (A) y los efectuados con oposición (B), se pueden observar mayores cambios de tendencia en las líneas de tronco y piernas en la situación con oposición (B), manteniéndose parecidos los valores en ambas situaciones.

Por otro lado, se ha procedido al análisis de las velocidades angulares y al igual que el estudio de la energía cinética se ha comenzado con la valoración de la interacción entre tronco, piernas y brazos, valores medios representados en las Figuras 57 (A/B) tanto en la situación experimental sin oposición (A), como con oposición (B).



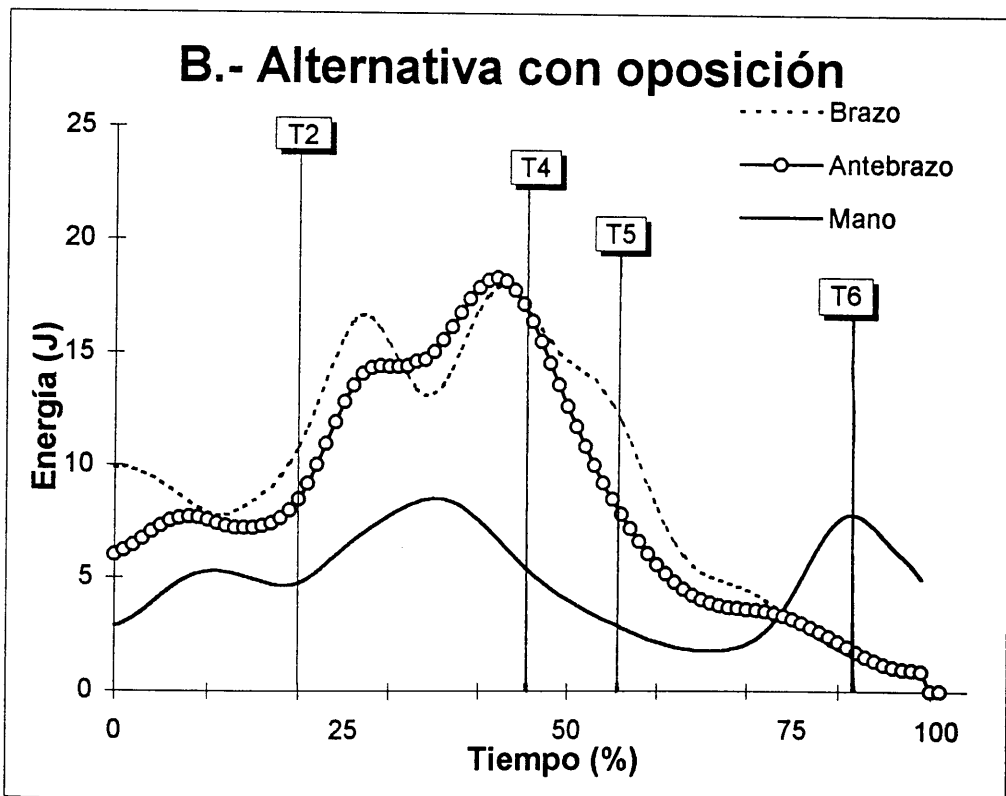
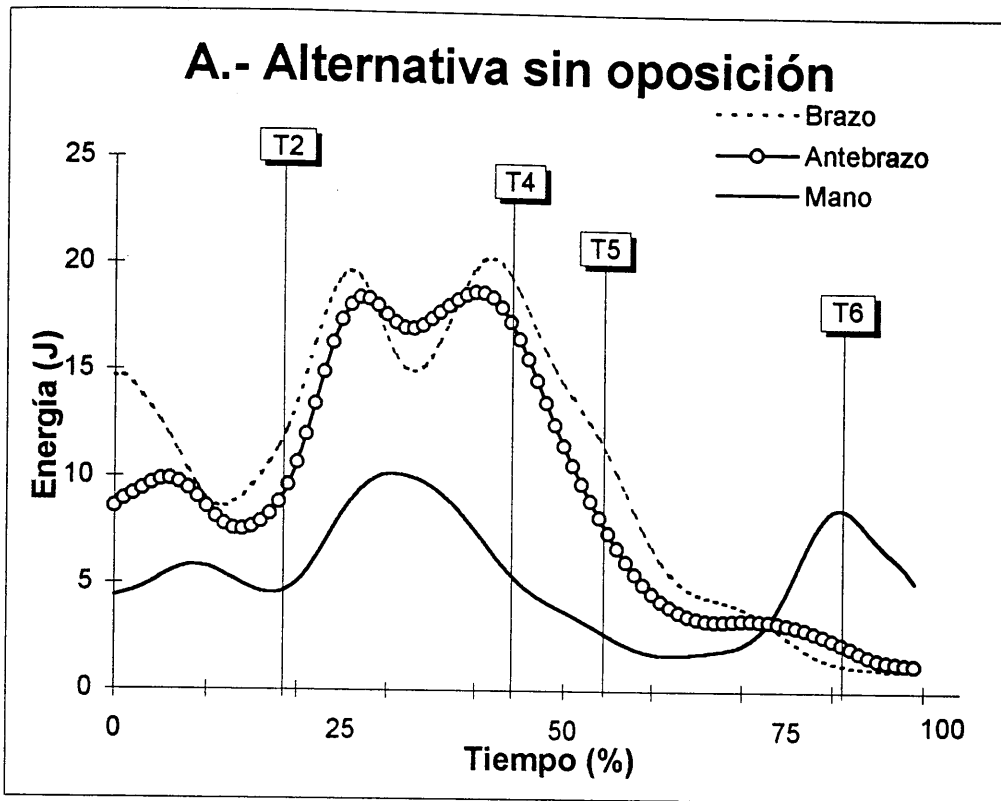
Figuras 57 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares de tronco, brazos y piernas según la situación en que se han efectuado, sin oposición (A) y con oposición (B).

Iniciando el análisis por el tronco, éste presenta unos valores constantes, permaneciendo en valores mínimos desde el comienzo del tiempo de carrera ( $t_2$ ), hasta el momento de despegue de ambos pies del suelo ( $t_5$ ) en donde se aprecia un ligero incremento en sus valores.

En relación a las extremidades superiores (brazos) se aprecian dos incrementos considerables en sus registros, correspondiéndose con el intervalo de tiempo de impulso de frenado  $T(t_2-t_4)$  y con el instante de salida del balón ( $t_6$ ). Con respecto a las piernas se distingue una disminución constante en sus valores hasta el comienzo del tiempo de impulso de aceleración ( $t_4$ ) en donde se incrementa hallándose su cima en el momento de despegue de ambos pies del suelo ( $t_5$ ).

Finalmente, y en relación a las diferencias existentes entre los lanzamientos efectuados sin oposición (A) y con oposición (B), al igual que en los valores de la energía cinética, se aprecian mayores cambios de tendencia en las líneas que definen los valores de las velocidades angulares de brazos y tronco, así mismo dichos valores son ligeramente superiores en la situación con oposición (B).

En segundo lugar, se ha realizado un análisis de la acción del brazo ejecutor en el lanzamiento, analizándose la evolución de sus componentes, brazo, antebrazo y mano, tanto de las energías cinéticas como de las velocidades angulares. En las Figuras 58 (A/B) se muestran la media de los valores de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano, en las situaciones experimentales, sin oposición (A) y con oposición (B).

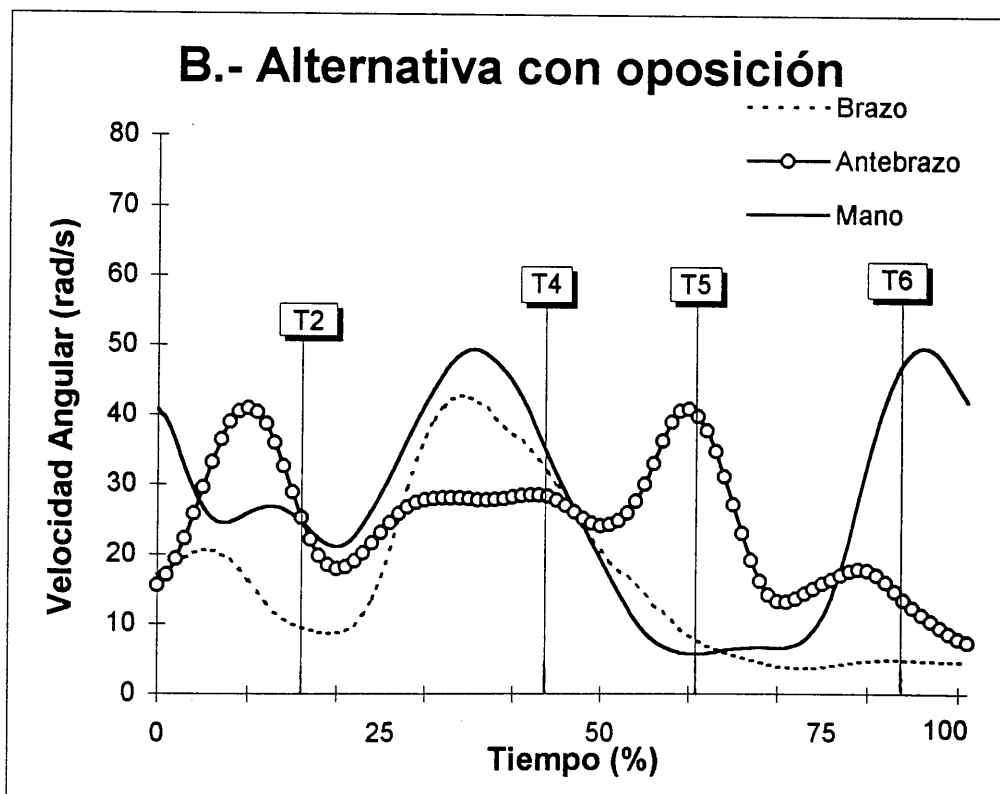
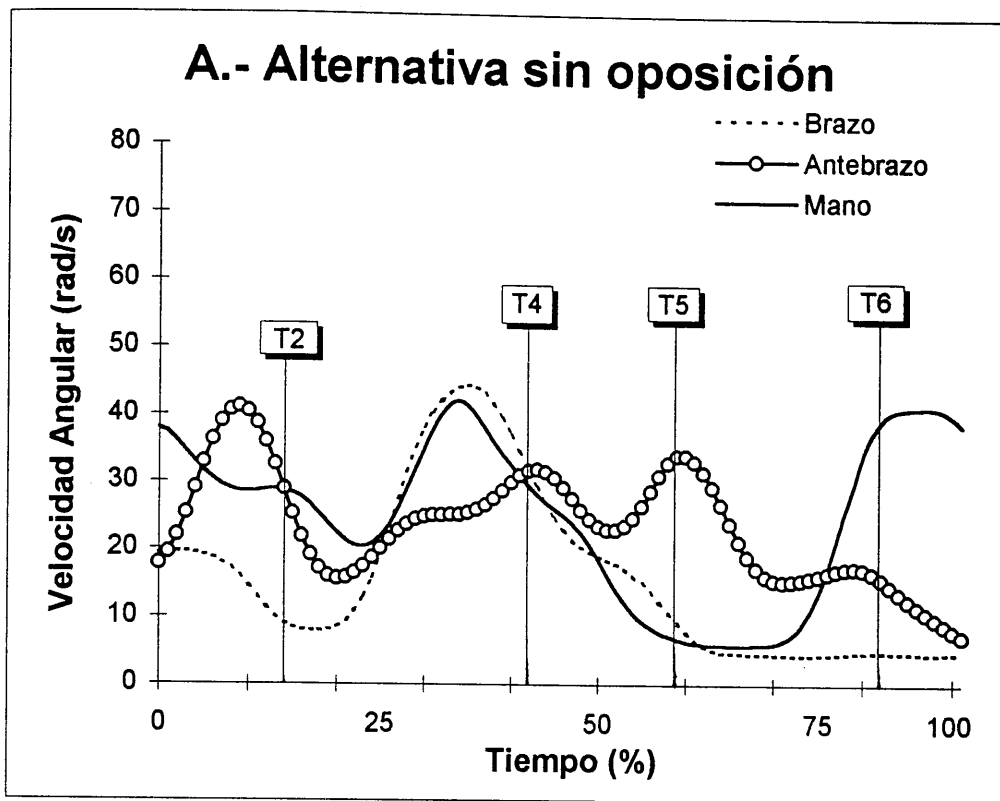


Figuras 58 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las energías cinéticas del brazo, antebrazo y mano según la situación en que se han efectuado, sin oposición (A) y con oposición (B).

Las evoluciones de las energías cinéticas de brazo, antebrazo y mano discurren de forma paralela desde el comienzo del tiempo de carrera ( $t_2$ ), hasta el instante que precede a la salida del balón ( $t_6$ ). Durante sus respectivas evoluciones se aprecian incrementos en el intervalo temporal correspondiente al tiempo de impulso de frenado  $T(t_2-t_4)$ . A partir de este instante las energías cinéticas de estos segmentos disminuyen hasta el instante que precede a la salida del balón ( $t_6$ ) en donde aparecen dos claras tendencias, la primera de ellas está relacionada con las evoluciones de las energías cinéticas del brazo y antebrazo, que continúan paralelas hasta el final del lanzamiento y la segunda de ellas se corresponde con la evolución de la energía cinética de la mano que se eleva hasta la salida del balón ( $t_6$ ).

Entre los lanzamientos realizados bajo el efecto del nivel de la variable sin oposición (A) y los efectuados con oposición (B), apenas se distinguen diferencias ni en las tendencias de las líneas que definen sus valores ni en la magnitud de estos valores en los tres segmentos estudiados.

El análisis de las velocidades angulares de estos segmentos, según las Figuras 59 (A/B), muestra un paralelismo en sus desarrollos desde el instante que comienza el tiempo de carrera ( $t_2$ ). A partir de este instante, las energías cinéticas se elevan hasta el final del tiempo de impulso de frenado ( $t_4$ ), siendo similares las velocidades angulares del brazo y de la mano y menor en el antebrazo. A partir del final de tiempo de impulso de frenado ( $t_4$ ), y hasta el momento del despegue de los pies del suelo ( $t_5$ ), el antebrazo incrementa su velocidad angular paulatinamente teniendo como punto de inflexión el momento del despegue de los pies del suelo ( $t_5$ ), mientras que en este mismo intervalo el brazo y la mano disminuyen sus velocidades.



Figuras 59 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del brazo, antebrazo y mano según la situación en que se han efectuado, sin oposición (A) y con oposición (B).

Desde el momento de despegue ( $t_5$ ) hasta el instante de salida del balón ( $t_6$ ) los tres segmentos se comportan de forma distinta, por un lado el brazo continua con su tendencia permaneciendo constante, mientras que el antebrazo aumenta su velocidad angular un instante previo a la salida del balón ( $t_6$ ), y por último la mano aumenta su energía cinética siendo máxima en el momento de salida del balón ( $t_6$ ).

En cuanto a las dos situaciones experimentales en las que se han llevado a cabo los lanzamientos se distingue como característica fundamental un mayor registro de la velocidad angular de la mano en los lanzamientos efectuados con oposición en los intervalos correspondientes al tiempo de impulso de frenado ( $T(t_2-t_4)$ ) y tiempo de vuelo ( $T(t_5-t_6)$ ), mientras que en el brazo y antebrazo, las tendencias de las líneas que definen los valores de sus velocidades angulares poseen características similares, presentando valores ligeramente superiores en la situación con oposición (B).



### 3.4. Resultados de la cuarta actuación de investigación

La cuarta y última investigación, se muestra similar a la tercera, excepto en el tipo de parada realizado por el jugador en el lanzamiento a canasta, ya que en este caso, la variable parada se corresponde a la simultánea. Por lo demás, ambas se caracterizan tanto por poseer idénticos objetivos, al intentar valorar la incidencia de la oposición sobre el lanzamiento a canasta, como por el diseño experimental referido al estudio de las misma variable independiente como es la variable oposición, sobre idénticas variables dependientes, agrupadas en variables de proceso y de producto, refiriéndonos entre las de proceso a espacios, tiempos y velocidades desarrolladas durante el lanzamiento, y entre las de producto ángulo, velocidad y altura de salida del balón. Para la aplicación de los niveles de la variable independiente a cada sujeto se ha tenido en cuenta como control experimental la técnica del balanceo. Los resultados de esta investigación se expresan en forma de medias, desviaciones típicas y análisis de la varianza de las variables dependientes bajo los dos contextos experimentales, sin y con oposición.

#### 3.4.1. Variables de producto

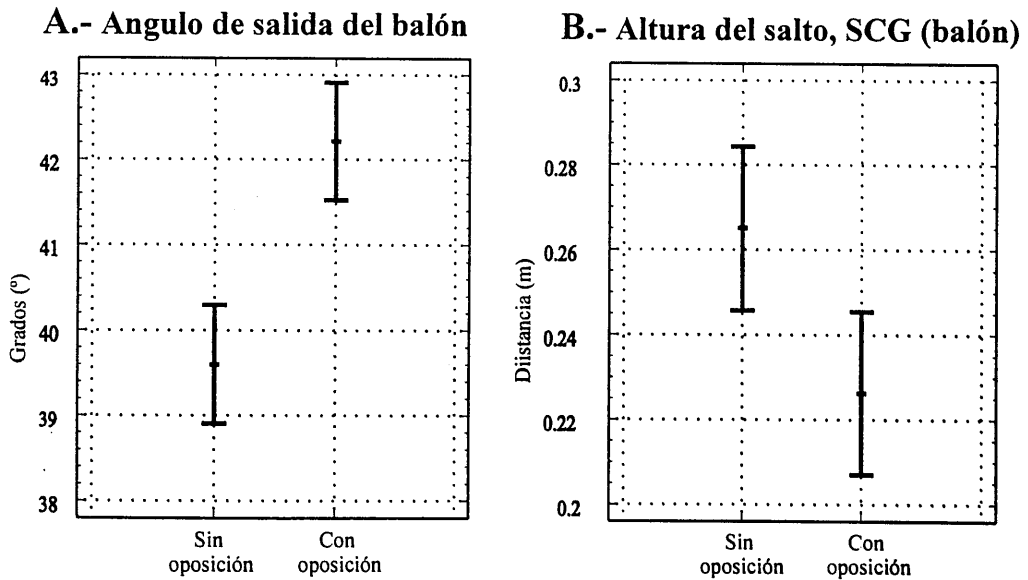
Entre las variables de producto, sólo muestran ciertas diferencias significativas en la variable ángulo de salida del balón  $\theta$  balón ( $p \leq 0.01$ ), y en la variable de altura máxima del salto SCG(balón) ( $p \leq 0.05$ ). En los lanzamientos realizados sin oposición el ángulo de salida del balón presenta valores medios inferiores ( $39.60^\circ$ ) con respecto a los lanzamientos en presencia de oposición ( $42.22^\circ$ ), mientras que en los lanzamientos realizados con oposición la altura máxima del salto (desplazamiento vertical del Cg.) es menor (0.23m) frente a los lanzamientos efectuados sin oposición (0.27m) valores que aparecen representados en las gráficas de la Figura 60.

**RESULTADOS. Cuarta actuación de investigación**

**Tabla 24.-** Resultados de las variables de producto.

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	N		16			
	M	SD	M	SD		
Ángulo de salida del balón, $\theta$ (balón)	39.60	3.95	42.22	4.10	14.892	0.001**
Velocidad de salida del balón, $V_s$ (balón)	6.41	0.54	6.39	0.32	0.006	0.938
Altura de salida del balón, $H_s$ (balón)	2.84	0.19	2.82	0.17	0.651	0.435
% con respecto a la altura del jugador, % $H_s$ (balón)	145.41	4.79	144.46	3.68	0.520	0.485
Altura máxima del salto, $SCG$ (balón)	0.27	0.10	0.23	0.07	4.270	0.048*
% con respecto a la salida del balón, % $SCG$ (balón)	95.06	10.14	95.31	4.33	0.009	0.926

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )



**Figura 60.-** Representación gráfica del análisis de varianza sobre las variables ángulo de salida del balón (A) y altura máxima del salto (B).

### **3.4.2. Variables de proceso**

Cuando analizamos los resultados para las variables de proceso, y observando primero las temporales (Tabla 25), se aprecian diferencias significativas en la mayoría de ellas, resultando dichas diferencias significativas para las variables de tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), ( $p \leq 0.01$ ), tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), ( $p \leq 0.01$ ) y tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), ( $p \leq 0.05$ ), valores que se muestran superiores cuando los lanzamientos ejecutados se realizan con oposición. Hallándose también diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ), en el caso de la variable tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), que al contrario que las anteriores presenta valores superiores cuando el lanzamiento se realiza sin oposición. La Figura 61 plasma gráficamente los resultados del análisis de varianza de estas cuatro variables de proceso.

En cuanto a las variables relativas a las posiciones espaciales adoptadas por el jugador (Tabla 26), únicamente se aprecian diferencias significativas en la variable distancia balón-vértex en el momento del despegue ( $p \leq 0.01$ ), siendo esta distancia mayor en el lanzamiento realizado con presencia de oposición (Figura 62). En cuanto a las últimas variables de proceso, referidas al estudio de las velocidades desarrolladas por el jugador durante el lanzamiento, no se han evidenciado claras diferencias significativas en ninguna de las mismas, Tabla 27.

**RESULTADOS. Cuarta actuación de investigación**

**Tabla 25.- Resultados de las variables de proceso: a) Variables temporales.**

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Tiempo de carrera, T(1-2)	0.34	0.11	0.28	0.11	12.896	0.001**
Tiempo de comienzo de elevación del balón, T(1-3)	0.08	0.09	0.07	0.12	0.512	0.488
Tiempo de impulso de frenado, T(2-4)	0.20	0.04	0.23	0.08	3.119	0.089
Tiempo de impulso de aceleración, T(4-5)	0.16	0.04	0.19	0.05	12.833	0.001**
Tiempo de vuelo, T(5-6)	0.22	0.05	0.19	0.05	20.517	0.000**
Tiempo total, T(1-6)	0.92	0.07	0.89	0.06	5.002	0.034*

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )

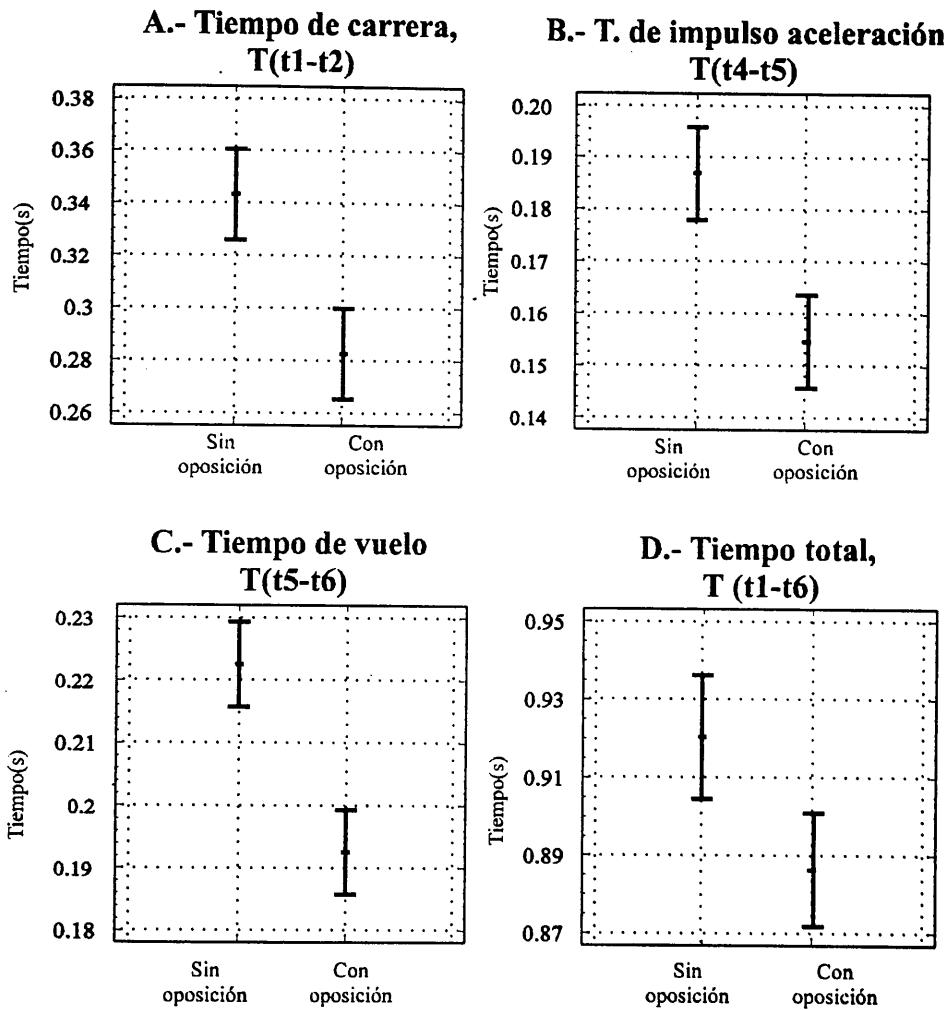


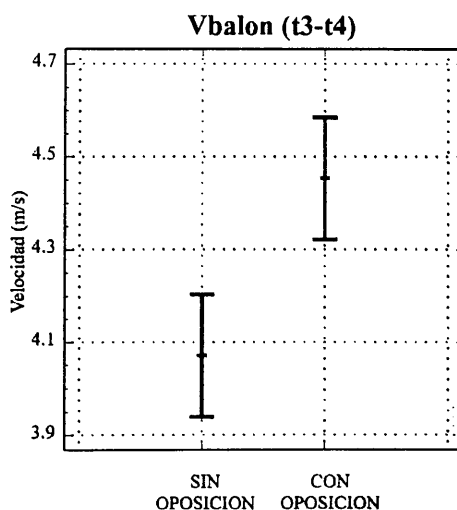
Figura 61.- Representación gráfica de los resultados del análisis de la varianza sobre las variables temporales, tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ) (A), tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ) (B), tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ) (C), y tiempo total ( $T(t1-t6)$ ) (D).

**RESULTADOS. Cuarta actuación de investigación**

**Tabla 26.-** Resultados de las variables de proceso: b) Variables de posiciones espaciales.

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Ángulo despegue del suelo CG, $\theta_{CG}$ (15)	74.88	5.11	76.88	5.63	1.031	0.319
Distancia comprendida entre la proyección del CG con respecto al centro de la base de sustentación en: la posición más baja del CG DCG-cb.(14)	0.13	0.07	0.13	0.06	0.005	0.944
el despegue. DCG-cb.(15)	0.11	0.06	0.11	0.06	0.320	0.582
la salida del balón. DCG-cb.(16)	0.07	0.05	0.07	0.04	0.204	0.660
Distancia comprendida entre la proyección del CG desde despegue hasta el lanzamiento DCG (15-16)	0.09	0.04	0.08	0.04	2.324	0.139
Ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración, $\theta_{rodilla}$ (14)	109.35	11.5	110.44	8.6	0.284	0.604
Ángulo codo en la mínima cota del CG, $\theta_{codo}$ (14)	66.13	7.18	68.50	7.16	0.975	0.343
Distancia balón-vértex en el momento del despegue Balón-vértex (15)	0.23	0.02	0.26	0.03	17.313	0.000**
Desplazamiento vertical balón $Sy_{(balón)}$	1.73	0.16	1.72	0.19	0.194	0.667
% con respecto a altura sujeto $Sy_{(balón)}$	96.61	8.23	98.67	8.07	2.899	0.521
Ángulo de inclinación del tronco en la salida del balón, $\theta_{tronco}$ (16)	82.88	2.94	83.56	2.64	0.758	0.401
Ángulo de flexión del hombro en la salida del balón, $\theta_{hombro}$ (16)	140.44	3.20	141.19	3.35	0.607	0.451
Ángulo codo en salida del balón, $\theta_{codo}$ (16)	130.88	9.63	135.13	8.10	3.243	0.082
Ángulo del codo tras salida del balón, $\theta_{codo}$ (17)	153.56	8.33	153.56	12.23	0.000	1.000

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )



**Figura 62.-** Representación gráfica del resultado del análisis de la varianza (ANOVA), sobre la variable distancia balón-vértex en el momento de despegue (t5).

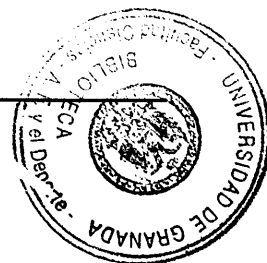


Tabla 27.- Resultados de las variables de proceso: c) Variables de velocidades desarrolladas.

	SIN OPOSICIÓN		CON OPOSICIÓN		F	p
	M	SD	M	SD		
Velocidad CG plano transversal en el instante de:						
recibir el balón, $V_{x,z(t1)}$	2.08	0.52	2.24	0.56	0.679	0.426
despegue del suelo, $V_{x,z(t5)}$	0.60	0.20	0.48	0.21	2.054	0.164
salida del balón, $V_{x,z(t6)}$	0.48	0.23	0.40	0.24	1.518	0.228
Velocidad media de subida del balón desde mínima cota hasta comienzo impulso aceleración $V_{balón} (t3-t4)$	3.32	0.73	3.49	0.66	0.954	0.348
Velocidad angular de la muñeca en el momento de salida del balón, $\omega_{muñeca} (t6)$	27.94	5.34	24.63	4.99	3.090	0.090

(\*\* $p \leq 0.01$ ) (\* $p \leq 0.05$ )

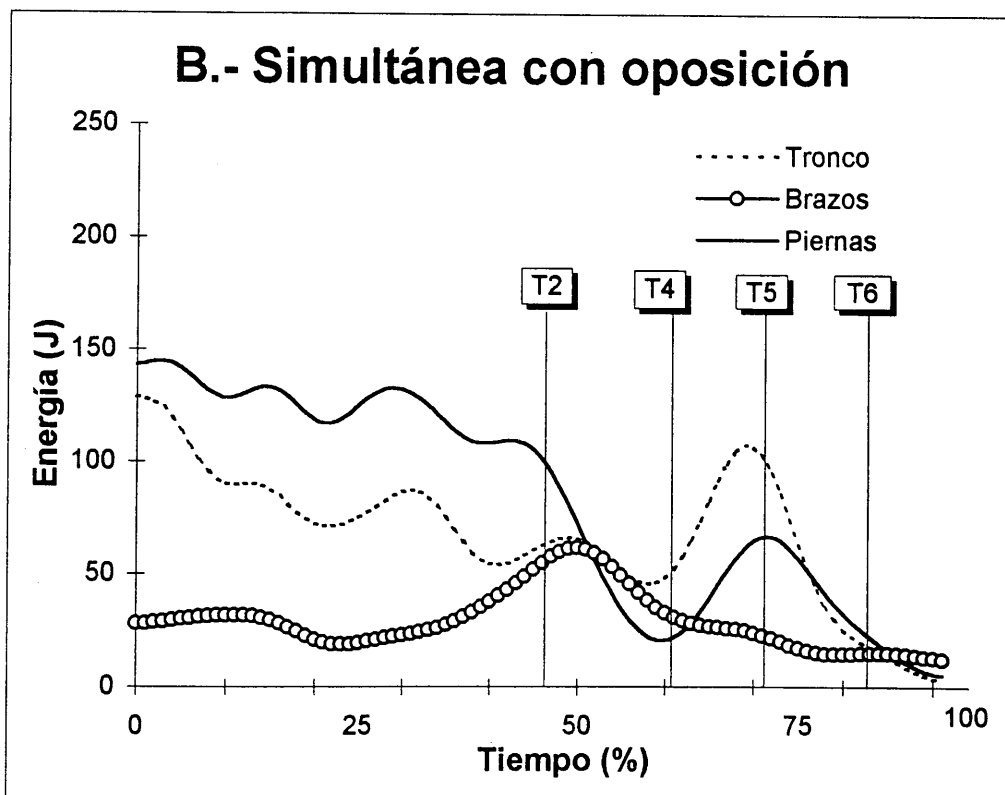
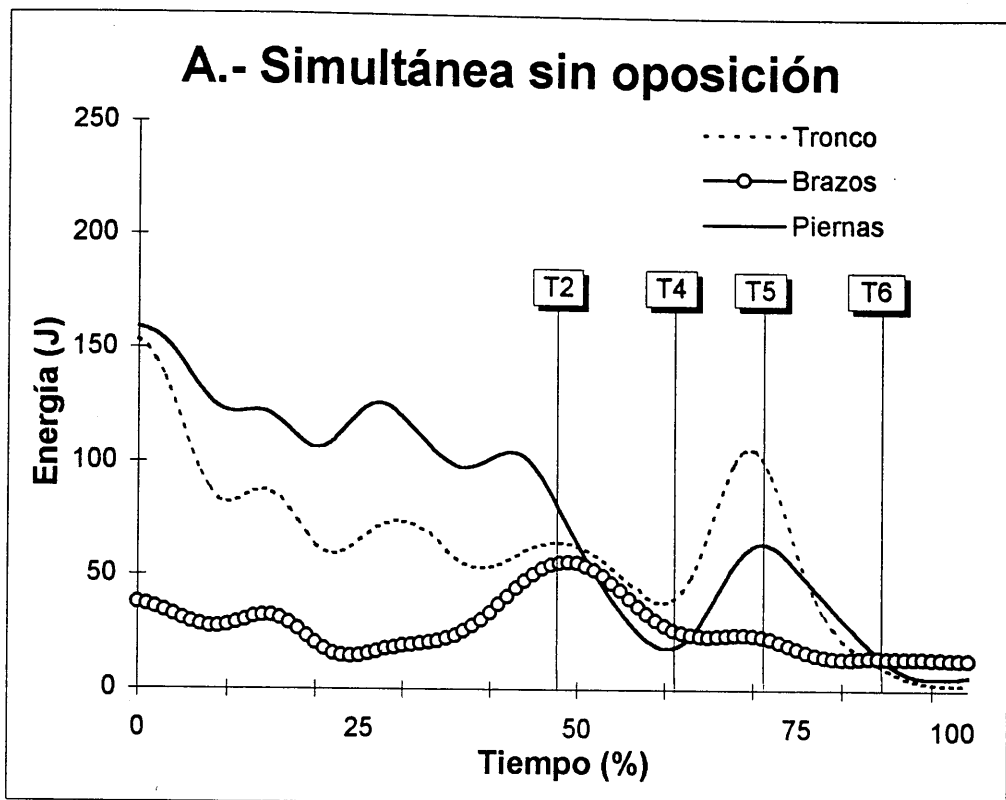
### **3.4.3. Análisis de la cadena cinética**

Al igual que en la tercera actuación de investigación, se ha realizado el estudio de la cadena cinética empleada por los jugadores tanto en los lanzamientos efectuados sin oposición como en los realizados con oposición, en esta cuarta actuación de investigación el modelo de parada utilizado por los jugadores se ha correspondido con el modelo de parada simultánea.

El primer análisis, se correspondido con el estudio de la interacción entre las extremidades inferiores, tronco y extremidades superiores recogiendo los valores medios de los lanzamientos realizados por los cuatro sujetos experimentales en las situaciones sin y con oposición, tanto de las energías cinéticas como de las velocidades angulares segmentarias. En las Figuras 63 (A/B) se muestran la media de los valores de la energía cinética de las extremidades inferiores (piernas), tronco y extremidades superiores (brazos), en las situaciones experimentales, sin oposición (A) y con oposición (B). En estas figuras se representa la interacción de estos tres segmentos, desde el momento de la recepción del balón (t1), hasta cinco fotogramas después de la salida del balón (t7), en tanto por ciento con respecto a este intervalo temporal.

Comenzando con el análisis de las energías cinéticas de tronco y piernas se aprecia que ambas evolucionan paralelamente, siendo superiores los valores de las piernas. Desde el instante de recepción del balón (t1), hasta el comienzo del tiempo de impulso de frenado (t2), las energías de ambos segmentos discurren de forma paralela, presentando una acusada disminución desde el comienzo del tiempo de impulso de frenado (t2) hasta el comienzo del impulso de aceleración (t4). A partir de este instante, se observa un incremento paulatino en los valores de ambos segmentos, siendo más acusado en los valores del tronco, alcanzando





Figuras 63 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las energías cinéticas del tronco, brazos, y piernas en las situaciones experimentales, sin oposición (A) y con oposición (B).

sus valores más elevados en el momento del despegue de los pies del suelo (t5), para a partir de ahí y hasta el final del gesto disminuir sus energías cinéticas de forma paralela, debido a que el sujeto se encuentra en fase aérea.

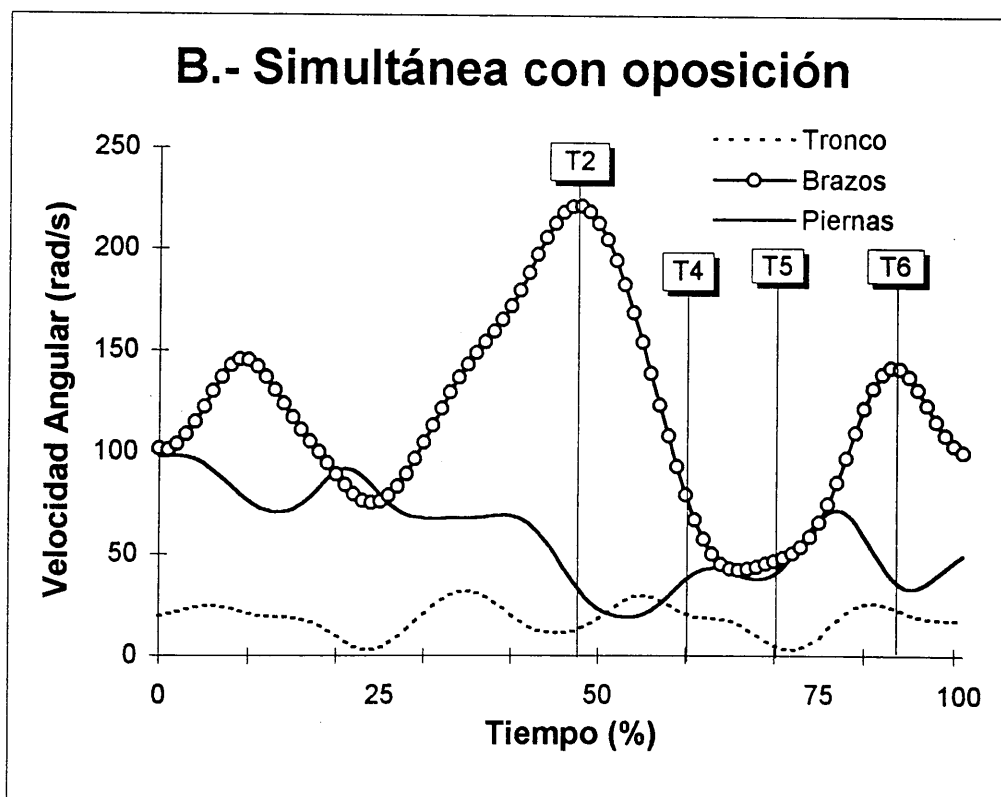
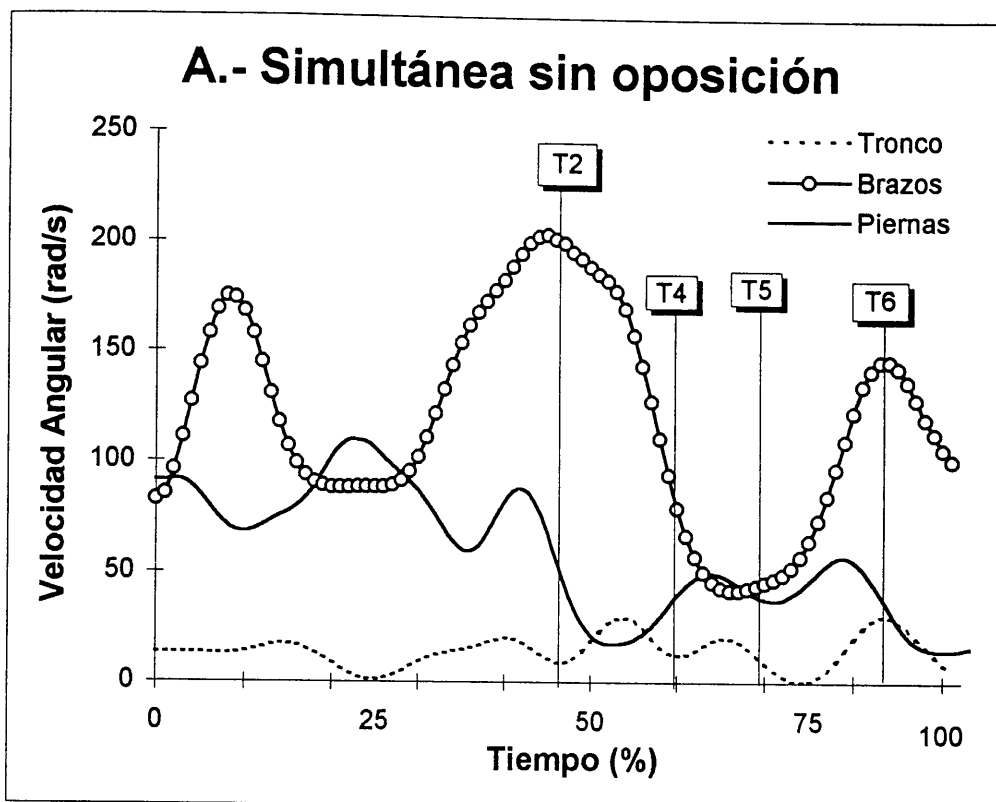
En relación a la evolución de la energía cinética de los brazos, se observa una constancia en sus valores hasta el principio del tiempo de impulso de frenado (t2), en donde los brazos incrementan su energía cinética para posteriormente disminuir paulatinamente hasta el final del gesto.

Por otro lado, entre los lanzamientos realizados bajo el efecto del nivel de la variable sin oposición (A) y los efectuados con oposición (B), no se aprecian diferencias ni en las tendencias ni en la magnitud de los valores de las líneas que representan a estos segmentos corporales.

El análisis de las velocidades angulares y al igual que el estudio de la energía cinética se ha comenzado con la valoración de la interacción entre tronco, piernas y brazos, valores medios representados en las Figuras 64 (A/B) tanto en las situaciones experimentales sin oposición (A), como con oposición (B), visualizándose los valores desde el intervalo temporal comprendido desde la recepción del balón (t1) hasta cinco fotogramas después de la salida del balón (t7), en tanto por ciento con respecto a este intervalo temporal.

Con respecto al tronco, aunque mantiene niveles bajos en su velocidad angular, se aprecian oscilaciones en sus valores fundamentalmente entre el inicio del tiempo de impulso de frenado (t2) y el despegue de ambos pies del suelo (t5).

En cuanto a las extremidades superiores (brazos) se distinguen dos incrementos considerables en sus registros, correspondiéndose con el comienzo



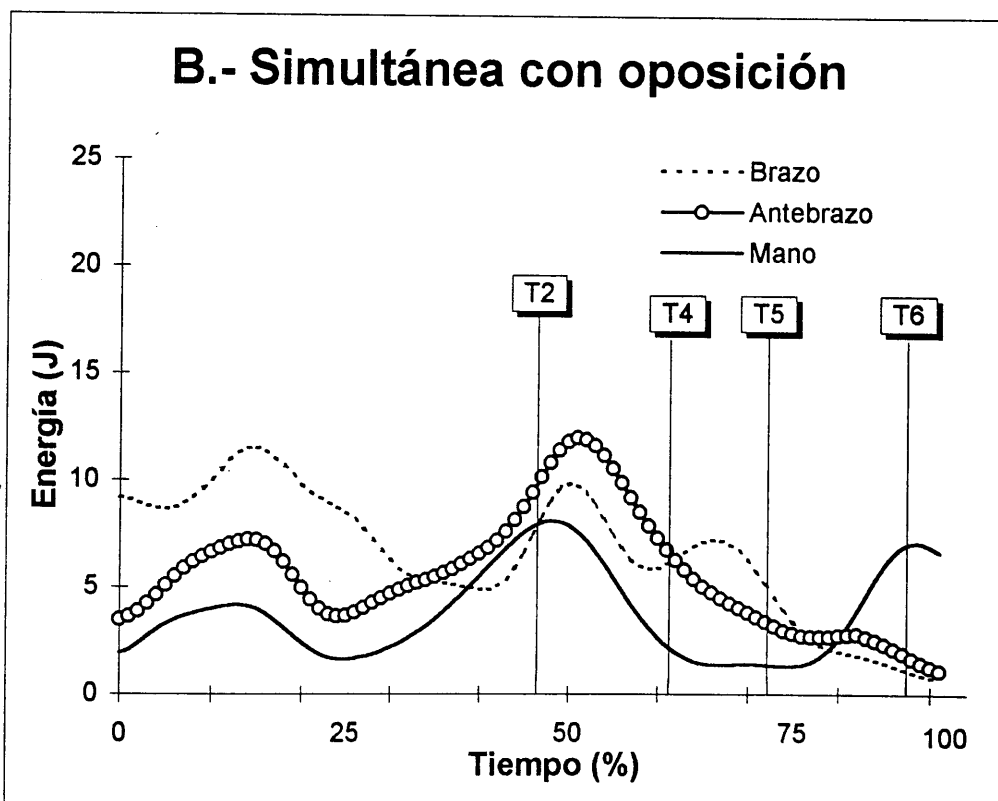
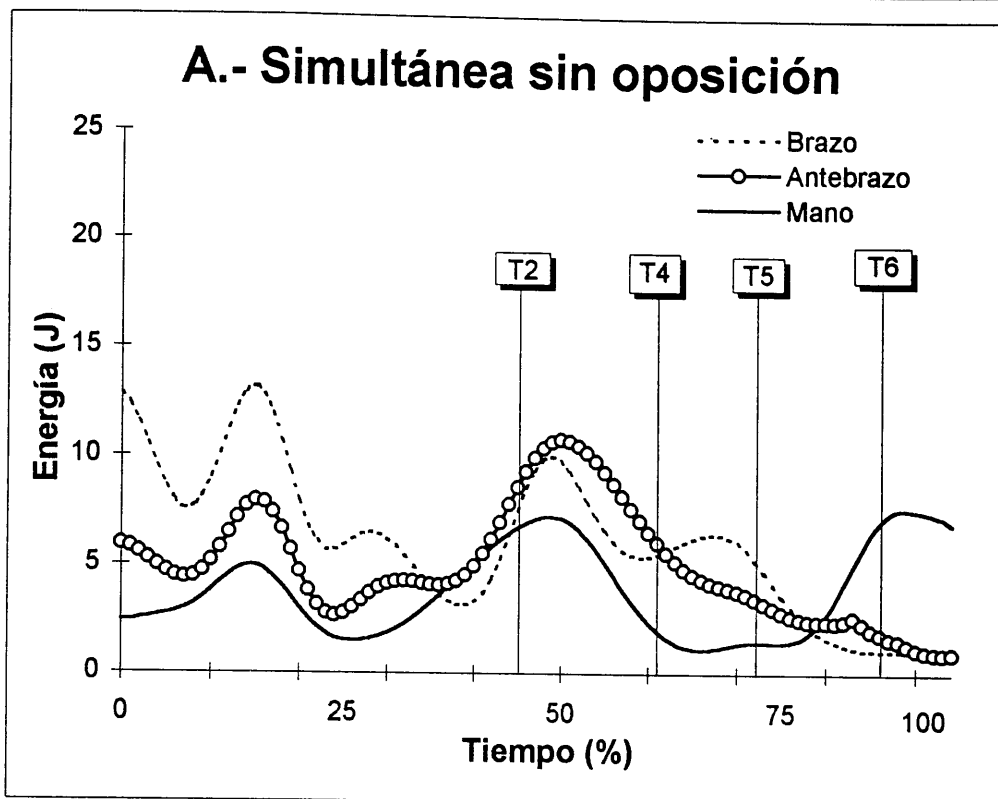
Figuras 64 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares de tronco, brazos y piernas según la situación en que se han efectuado, sin oposición (A) y con oposición (B).

del tiempo de impulso de frenado ( $t_2$ ) y con el instante de salida del balón ( $t_6$ ). Mientras tanto, los valores de las piernas describen una trayectoria oscilante durante el transcurso del lanzamiento.

Por último, se han analizado los lanzamientos efectuados sin oposición (A) y con oposición (B), distinguiéndose mínimas diferencias entre ambos grupos, no obstante, se podría indicar que las mayores diferencias se encuentran en los brazos, en donde los lanzamientos realizados con oposición (B), registran cambios de tendencia más acusados en la línea que define los valores de las velocidades angulares.

En segundo lugar, se ha realizado un análisis de la acción del brazo ejecutor en el lanzamiento, analizando la evolución de sus componentes, brazo, antebrazo y mano, tanto de las energías cinéticas como de las velocidades angulares. En las Figuras 65 (A/B) se presentan las medias de los valores de la energía cinética del brazo, antebrazo y mano, en las situaciones experimentales, sin oposición (A) y con oposición (B).

Según se distingue en la Figuras 65 (A/B), el desarrollo de las energías cinéticas de brazo, antebrazo y mano evolucionan de forma paralela desde el comienzo del gesto, hasta el tiempo de impulso de aceleración  $T(t_4-t_5)$ , en donde el brazo incrementa su energía durante este intervalo, mientras que el antebrazo y la mano prosiguen con su disminución hasta el momento de despegue de los pies del suelo ( $t_5$ ). A partir de este instante las energías cinéticas de estos segmentos disminuyen hasta el instante que precede a la salida del balón ( $t_6$ ) en donde cada segmento adquiere un comportamiento diferente: el brazo continua con su tendencia disminuyendo paulatinamente sus valores hasta el final del lanzamiento, mientras que el antebrazo muestra un pequeño aumento en sus valores un instante



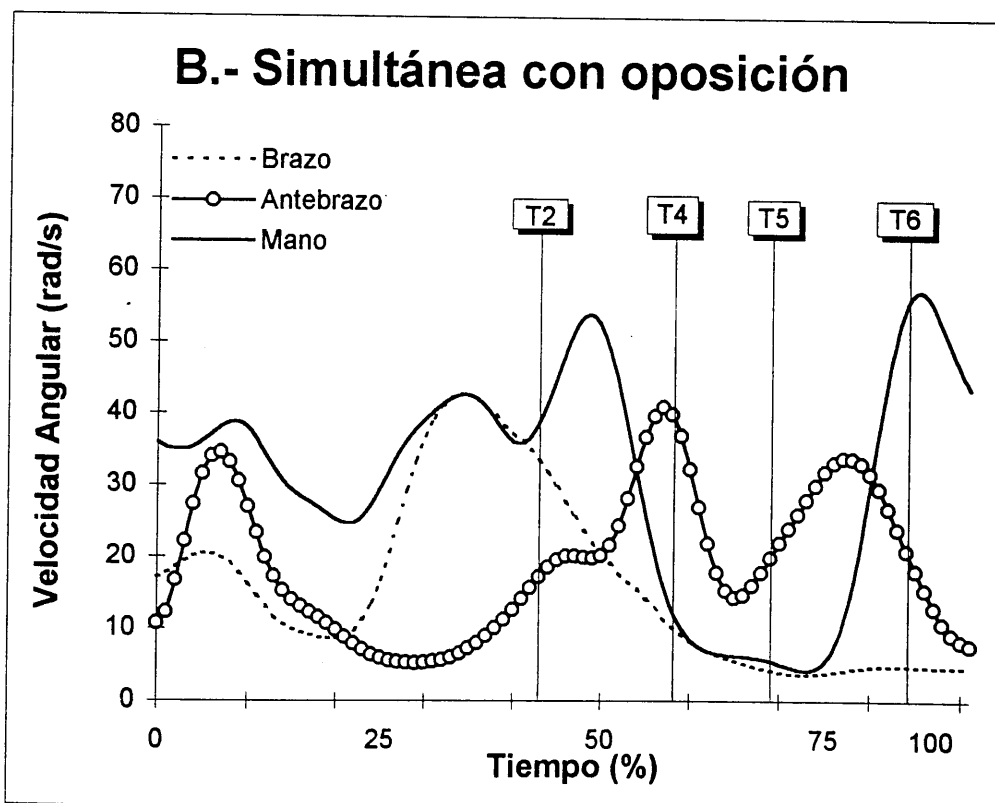
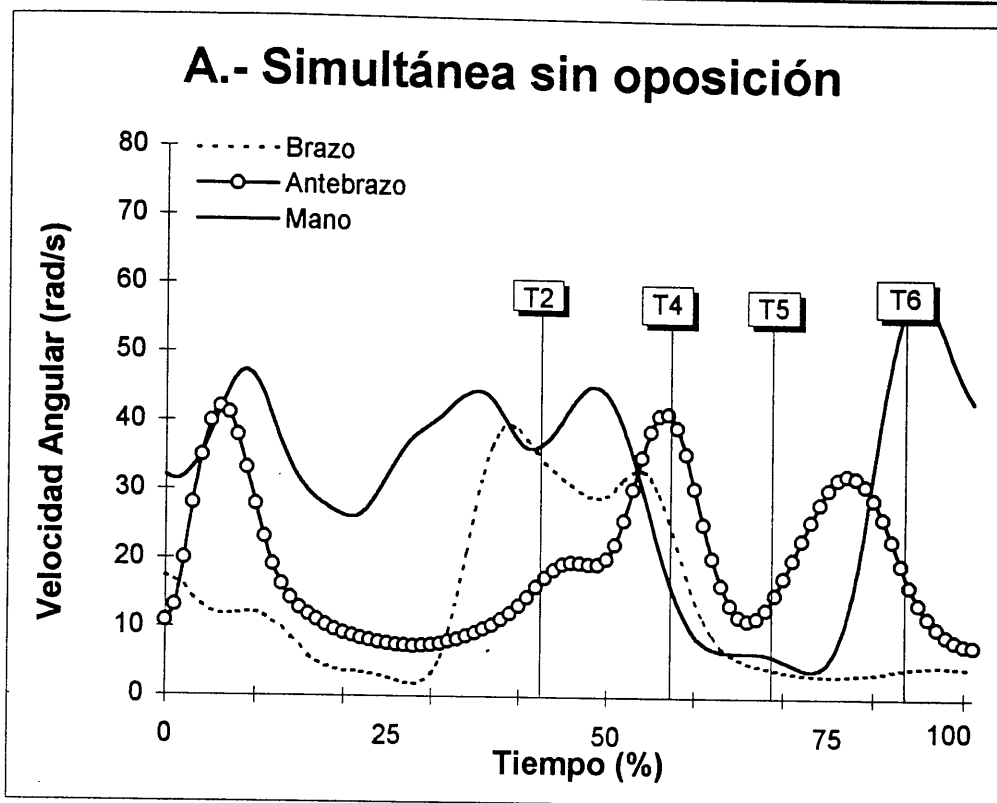
Figuras 65 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las energías cinéticas del brazo, antebrazo y mano según la situación en que se han efectuado, sin oposición (A) y con oposición (B).

previo a producirse la salida del balón ( $t_6$ ) para posteriormente seguir disminuyendo sus valores energéticos, en este instante previo a producirse la salida del balón ( $t_6$ ), la energía cinética de la mano aumenta alcanzando su cima en el momento de salida del balón ( $t_6$ ) decreciendo posteriormente sus valores.

Por último, entre los lanzamientos efectuados sin oposición (A) y con oposición (B), tan solo se podrían indicar diferencias en la magnitud de los valores del antebrazo, apreciándose un ligero aumento en la situación experimental con oposición (B), en la mano y el brazo no se distinguen diferencias en sus comportamientos energéticos.

El análisis de las velocidades angulares de estos segmentos, según las Figuras 66 (A/B), muestra un paralelismo en sus desarrollos desde el instante de recepción del balón ( $t_1$ ) hasta que comienza el tiempo de carrera ( $t_2$ ). A partir de este instante, las energías cinéticas se elevan hasta el final del tiempo de impulso de frenado ( $t_4$ ), siendo mayores las velocidades angulares de la mano. En el intervalo correspondiente al tiempo de impulso de aceleración T( $t_4$ - $t_5$ ), los tres segmentos se comportan de forma similar disminuyendo sus valores paulatinamente, excepto en el antebrazo que aumenta su velocidad angular en el momento de despegue de los pies del suelo ( $t_5$ ).

A partir del momento de despegue ( $t_5$ ) y hasta el instante de salida del balón ( $t_6$ ) los tres segmentos evolucionan de forma diferente, por un lado el brazo continua con su tendencia permaneciendo constante hasta el final del lanzamiento, mientras que el antebrazo comienza a aumentar su velocidad angular alcanzando un pico de inflexión un instante previo a la salida del balón ( $t_6$ ) en donde disminuye paulatinamente, y por último la mano incrementa su energía cinética siendo máxima en el momento de salida del balón ( $t_6$ ).



Figuras 66 (A/B).- Representación gráfica de las evoluciones de las velocidades angulares del brazo, antebrazo y mano según la situación en que se han efectuado, sin oposición (A) y con oposición (B).

Con respecto a las dos situaciones experimentales en las que se han llevado a cabo los lanzamientos se distingue visualmente un mayor registro de la velocidad angular de la mano en los lanzamientos efectuados con oposición, mientras que en el brazo y antebrazo, las tendencias de las líneas que definen los valores de sus velocidades angulares poseen características similares.



## 4.- Discusión

## **4.- DISCUSIÓN**

El objetivo de este apartado ha sido valorar los resultados obtenidos y confrontarlos con los reflejados en la revisión bibliográfica, con el fin de obtener las conclusiones que respondan a los objetivos planteados en esta memoria. La organización de la discusión se corresponde con la estructura formal desarrollada en los capítulos dedicados tanto al método como a los resultados en cuanto a la exposición de la secuencia de las actuaciones de investigación se refiere.

### **4.1.- Primera actuación de investigación**

En la primera actuación de investigación, se ha analizado la estructura temporal y la consistencia que ésta tiene en el lanzamiento a canasta tras carrera previa a través de un estudio de la variabilidad intrasujeto, con el objetivo de resolver el problema de validez interna que conlleva el análisis biomecánico de los gestos abiertos, habituales en deportes colectivos, en donde la ejecución de sus elementos técnicos está determinada por todo tipo de reafereencias y contingencias externas (Gutiérrez, 1990). Para ello se han analizado los lanzamientos realizados tanto con parada alternativa como con simultánea, en una situación sin oposición.

La valoración de la estructura temporal del gesto se ha llevado a cabo midiendo cada una de las fases temporales que lo componen y representándolas a través de las líneas formadas por las tasas de cada una de las variables temporales en los distintos ensayos realizados por los sujetos. En estas líneas, sólo se observan cambios prácticamente inapreciables en la tendencia entre los ensayos, lo que indica por un lado, que el gesto ha sido aprendido previamente y no durante la ejecución de los diferentes ensayos, ya que el primer lanzamiento



se encuentra dentro de la línea base establecida, y por otro lado, que el sujeto lanza siempre con similares características temporales (Pereda, 1987).

El análisis de la estructura temporal de los lanzamientos en salto tras carrera previa revela que este gesto técnico posee una gran consistencia temporal, ya que se ha encontrado una mínima dispersión entre los datos, siendo mayor dicha consistencia cuando se miden las fases del gesto en tiempo relativo (%) con respecto al tiempo total ( $T(t_1-t_6)$ ), que cuando se realizan las medidas en forma de tiempo absoluto (s), Figura 67. Coincidiendo con nuestros resultados se encuentran autores como Viviane y Terzuolo (1980) que evidenciaron también invariabilidad temporal entre las fases de la escritura cuando se mide de forma relativa al tiempo total, en esta línea se sitúa Shapiro et al., (1981) que en el estudio de la variabilidad de los tiempos relativos durante las fases de la carrera, obtuvo como resultados que estos tiempos relativos permanecían constantes Schmidt (1988) en un movimiento complejo del codo, y Southard (1989) en un golpeo con el brazo a diferentes velocidades demostraron en sendos diseños intrasujetos, la constancia entre los tiempos de las fases en las que se componía el gesto y Southard y Miracle (1993) estudiaron la consistencia temporal relacionando el ritmo con el rendimiento motor en el tiro libre, resultando el tiempo relativo entre las fases del gesto constantes, en situaciones en donde el tiempo absoluto llegaba a incrementarse hasta el doble.

Por lo tanto, el jugador lanza siempre con características similares en tanto a la estructura temporal del gesto se refiere, cumpliendo las premisas que Schmidt (1985) propone en el programa motor generalizado, considerando al tiempo relativo entre las fases del gesto como una de las invariantes del programa motor, ya que la otra invariante que es el orden en que se producen las fases del gesto, también permanece constante en todos los lanzamientos.

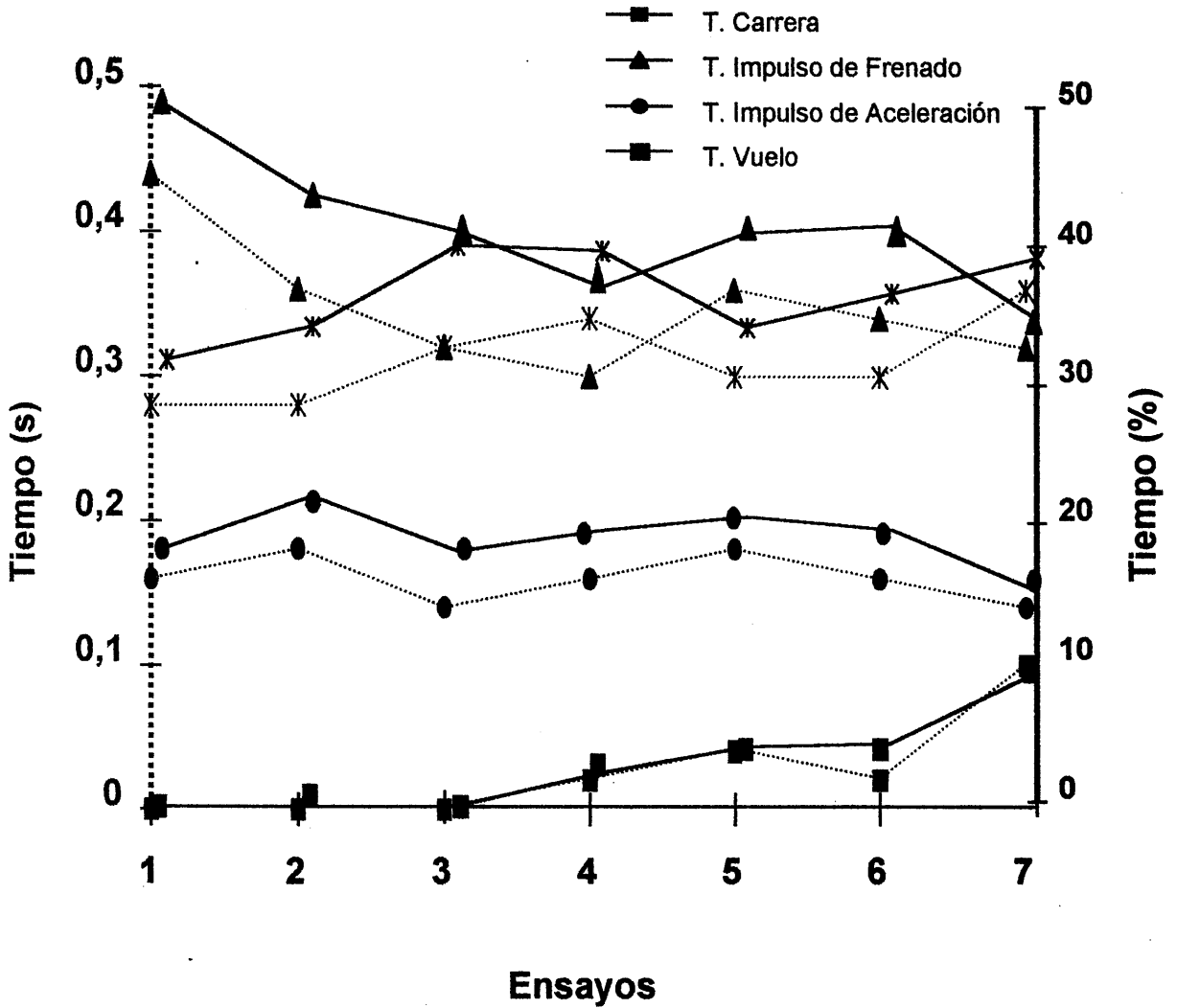


Figura 67.- Representación gráfica de las tasas temporales de las fases del gesto, tanto en tiempo absoluto (s), como relativo (%), en el sujeto 7.

Este resultado parece lógico teniendo en cuenta que los sujetos experimentales pertenecen al máximo nivel profesional y son especialistas en el gesto de estudio. Coincidiendo con Pedotti (1983) que realizó el estudio en atletas de élite, Pike (1983) y Phillips (1985) que estudiaron los parámetros de variabilidad entre golpeos con el pie en futbolistas profesionales, y Ferrario et al. (1993) que valoró la intravariabilidad en el lanzamiento de tiro libre en baloncesto, esta mínima variabilidad en las tasas temporales del programa motor refleja una alta sofisticación en la ejecución del mismo y una precisión determinada en la relación fuerza y tiempo de las contracciones musculares intervinientes en la secuencia del gesto, cuando éste se realiza en las mismas condiciones contextuales.

Autores como, Wrisberg y Pein (1992) y Southard y Miracle (1993), que estudiaron la estructura temporal de la ejecución del tiro libre, apuntan que existe una relación muy estrecha entre la constancia temporal relativa entre las fases de que consta un gesto y el éxito o nivel de rendimiento que se puede alcanzar a través de la repetición de los diversos ensayos. Por ello, y de acuerdo con las características de la muestra seleccionada en este estudio, la constancia temporal entre las fases del gesto debe considerarse como factor determinante en el rendimiento de un gesto deportivo, considerándose como uno de los objetivos prioritarios en el aprendizaje y desarrollo deportivo (Schmidt et al. 1992 y Wrisberg y Pein, 1992).

Al analizar los resultados obtenidos y las diferencias entre las distintas líneas establecidas entre los sujetos experimentales, se puede deducir que cada sujeto lanza de forma diferente en relación al resto de ellos, en cuanto a la estructura temporal del gesto se refiere, pudiendo ser debido a que la ejecución en los lanzamientos depende de las características individuales y experiencia

previa de cada jugador (Kaelin et al., 1985; Southard et al., 1989; Walters et al., 1990; Southard y Miracle, 1993; Miller y Bartlett, 1996).

En las variables estudiadas, el tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ) muestra los resultados con una mayor dispersión de los datos tanto en la medida absoluta (s) como relativa (%), en relación al resto de las variables temporales analizadas. Esto puede ser debido a que esta variable temporal depende del momento en que se produce la recepción del balón por el sujeto, en relación a que se encuentre en fase aérea o en apoyo, siendo mayor cuando la recepción se realiza en fase aérea, ya que el sujeto tras coger el balón en el aire necesita un tiempo para tomar contacto con el suelo y aplicar la fuerza necesaria para saltar, mientras que si el sujeto recibe en apoyo este tiempo se reduce comenzando en ese mismo instante la aplicación de fuerzas contra el suelo (Gutiérrez et al. 1992).

Con respecto a los dos tipos de parada, simultánea y alternativa, y en el análisis temporal realizado entre las mismas, las diferencias significativas encontradas ( $p \leq 0.01$ ), se muestran lógicas, ya que en el tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), que comprende desde que el jugador recibe el balón hasta que toma contacto con el primer apoyo, resulta inferior cuando se realiza la parada alternativa, alcanzando valores próximos a cero debido a que dicho jugador puede recepcionar el balón en el instante de contacto del primer pie, y pivotar sobre éste orientándose hacia canasta hasta colocar el segundo pie. Por el contrario, la parada simultánea, obliga al jugador a tener que orientarse hacia la canasta, durante el tiempo de vuelo anterior a la parada, requiriendo ésta más tiempo, el cual estará condicionado por la rotación que tenga que realizar el jugador para obtener la orientación adecuada. Hipotéticamente, si el tiempo en parada simultánea fuese excesivamente pequeño, y la rotación teórica necesaria para orientarse correctamente hacia la canasta fuese relativamente grande, su posición corporal relativa a la canasta podría no ser la adecuada (Gutiérrez et al., 1992).



En el análisis temporal entre los diferentes tipos de parada, la otra gran diferencia encontrada ( $p \leq 0.01$ ), ha sido en la variable temporal, tiempo de impulso de frenado, ( $T(t_2-t_4)$ ). Sobre este aspecto, también puede hacerse, una explicación lógica, considerando que en la parada alternativa, este tiempo está comprendido entre la llegada del pie del primer apoyo hasta que se consigue la mínima cota vertical del CG, el primer pie que toma contacto con el suelo, debe de amortiguar el impacto inicial y seguir reduciendo la velocidad del CG hasta que toma contacto el segundo apoyo, con el propósito de iniciar la fase de tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ), con ambas piernas. A este tiempo, requerido para que inicie su actividad la pierna del segundo apoyo, debemos de añadir el tiempo que dicha pierna requiere para realizar el estiramiento previo al impulso de aceleración, por lo que para reducir esta fase, el jugador debe realizar la parada alternativa con una diferencia mínima de tiempo entre los contactos de cada pie. Sin embargo, cuando la parada realizada es la simultánea, ambos pies amortiguan el impacto inicial e inician el estiramiento muscular de forma simultánea, luego el tiempo que emplean los jugadores que utilizan este modelo de parada en la fase de impulso de frenado, está destinado al estiramiento muscular que precede al tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ), (Gutiérrez et al., 1992).

Con el propósito de incrementar el impulso de aceleración, en la parada alternativa, las dos piernas deben de realizar precontracción, ciclo estiramiento-acortamiento (Komi, 1984), y sabiendo que el objetivo como criterio de eficacia básico en el lanzamiento a canasta es reducir el tiempo total ( $T(t_1-t_6)$ ), parece necesario que el tiempo requerido entre la llegada del primer apoyo y el segundo sea mínimo. En función del tiempo, la parada alternativa resultaría más eficaz, ya que la reducción del tiempo de carrera más el tiempo de impulso de frenado sería mayor que utilizando la parada simultánea, siempre y cuando el tiempo

entre el primer y el segundo apoyo sea mínimo ya que un retraso en la llegada del segundo apoyo supondría un incremento en el tiempo de acoplamiento entre la fase excéntrica y concéntrica del primer apoyo y una falta de preactivación del segundo, lo que incidiría negativamente sobre la altura del salto (Komi, 1984). Este hecho también supondría lo que Perrine y Edgerton, (1978) describen como una pérdida de la tensión muscular por el paso del tiempo denominado "cansancio a corto plazo" en la pierna que desarrolla el primer apoyo, y como consecuencia se obtiene un menor impulso de aceleración.

Los jugadores analizados resuelven este hecho de forma satisfactoria, haciendo que el segundo apoyo se realice rápidamente, por lo que resulta el tiempo total en la parada alternativa menor que en la simultánea, y provocando a su vez que tanto el tiempo de impulso de aceleración  $T(t4-t5)$ , como el tiempo de vuelo  $T(t5-t6)$ , se mantengan iguales (Gutiérrez et al., 1992). No debemos olvidar que la muestra seleccionada son deportistas profesionales con contrastada calidad técnica en el ámbito nacional.

El resto de las variables temporales, tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), y tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), no presentan diferencias entre los dos modelos de parada, ya que ambos tiempos se miden a partir de que ambos pies se encuentran en el suelo, no incidiendo por lo tanto la llegada previa alternativa o simultánea de ambos pies sobre el desarrollo temporal del gesto.

En la variable tiempo total  $T(t1-t6)$ , considerada como uno de los criterios de eficacia del lanzamiento (Pinotti, 1992), presentan valores ligeramente menores cuando el sujeto ejecuta la parada alternativa, posiblemente debido a que, aunque el tiempo de frenado ( $T(t2-t4)$ ) es mayor, el tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), es considerablemente menor, dando como resultado un menor tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), con lo que ello supone en cuanto a evitar la interferencia del oponente a la trayectoria del balón, Figura 68.



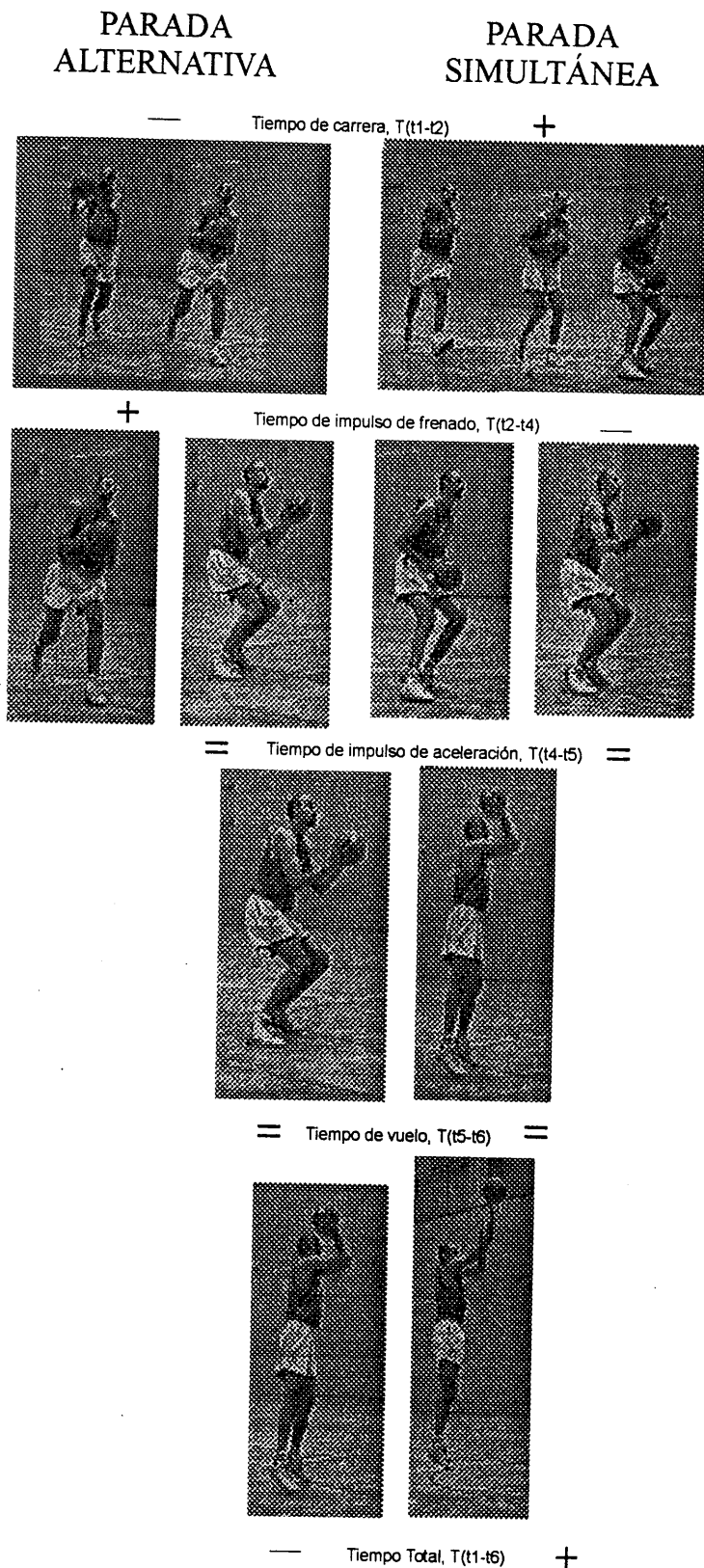


Figura 68.- Representación gráfica de las diferencias temporales entre los tipos de parada que realiza el jugador en el lanzamiento.

Desde el punto de vista táctico, tras realizar la parada alternativa el jugador puede pivotar suponiendo esto una ventaja con el fin de buscar un nuevo espacio libre o fintar el lanzamiento, mientras que la parada simultánea no permite esta variabilidad táctica ya que los sujetos realizan la parada simultánea tras un apoyo previo en uno de sus pies, (F.I.B.A., 1994). Las diferencias observadas entre los dos tipos de parada, nos indican que nos encontramos ante dos gestos con características diferentes y que deben considerarse como tales cara a su aprendizaje y desarrollo.

A modo de conclusión de esta actuación se puede añadir que esta memoria se sitúa en la línea de investigación establecida por Pike (1983), Phillips (1985) Schmidt (1985) y Southard y Miracle (1993) en donde proponen analizar la intravariabilidad en gestos complejos, a través de la consistencia temporal medida en porcentaje con respecto al tiempo total obteniéndose las invariantes y variantes del gesto, complementando los estudios que comenzaron esta línea de investigación a través del análisis de conductas típicamente restrictivas (Marteniuk, 1974) y Kramer (1983). Estos autores corroboran nuestros resultados ya que existen constancia entre los tiempos relativos de las fases del gesto aunque entre los tiempo absolutos se muestren mayores diferencias.

#### **4.2.- Segunda actuación de investigación**

La segunda investigación del presente estudio ha consistido en valorar el efecto conjunto y aislado de las variables oposición y modelo de parada sobre los factores temporales del lanzamiento en salto tras carrera previa, en donde los mismos sujetos experimentales realizan los cuatro tratamientos obtenidos de la aplicación de estas dos variables con sus dos niveles en cada de ellas, resultando los siguientes cuatro grupos experimentales, sin oposición con ejecución de parada

alternativa o simultánea, y lanzamientos en salto tras carrera previa con presencia de la oposición tanto con parada alternativa como simultánea.

En primer lugar, se ha analizado el efecto conjunto de las variables oposición y modelo de parada (variable grupo) sobre los cuatro grupos experimentales en las cinco variables temporales que componen las fases del gesto de estudio, como son tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ) y tiempo total ( $T(t1-t6)$ ). El efecto de la aplicación de la variable grupo, ha provocado una clara modificación temporal ( $p \leq 0.01$ ), en cuanto a las variables de tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), y de tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), tanto en sus medidas absolutas (s) como en sus medidas relativas (%) con respecto al tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), indicándonos que estas son las variables temporales más susceptibles de sufrir cambios debidos a las alteraciones que provocan la aplicación de un factor externo como es la ausencia o presencia de oposición, y de uno interno como es el modelo técnico de parada ejecutado en el lanzamiento. Se puede decir que estas diferencias han sido provocadas especialmente por la variable modelo de parada, ya que como se aprecia en la Tabla 28 (A/B), en el efecto aislado de cada una de las variables independientes, oposición y modelo de parada, el efecto oposición tiene menor incidencia sobre las variables tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ) y tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ).

La aparición de ciertas diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ), entre los grupos experimentales de lanzamientos sin oposición y parada alternativa, y con oposición y parada simultánea nos indican que las variables temporales se modifican cuando se les aplica los diferentes niveles en cada grupo, tanto de la variable oposición como de la de modelo de parada. Esta significación se ha producido en la variable de tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), no apareciendo esta

*DISCUSIÓN. Segunda actuación de investigación*

**Tabla 28 (A/B).**- Resultados del análisis de varianza del efecto de las variables oposición (A) y modelo de parada (B) sobre las variables temporales.

<b>A</b>		Sin oposición	Con oposición	<b>F</b>	<b>p</b>
N		36	36		
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.15 0.09	0.14 0.09	0.869	0.366
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.30 0.09	0.28 0.08	1.05	0.311
Tiempo I.aceleración, T(t4-t5)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.17 0.03	0.16 0.03	0.973	0.339
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.22 0.06	0.20 0.05	6.870	0.012*
Tiempo total T(t1-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.82 0.06	0.78 0.07	10.246	0.003**

<b>B</b>		Parada alternativa	Parada Simultánea	<b>F</b>	<b>p</b>
N		36	36		
Tiempo de carrera, T(t1-t2)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.12 0.08	0.22 0.07	31.285	0.000**
Tiempo I.frenado, T(t2-t4)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.32 0.07	0.20 0.05	33.492	0.000**
Tiempo I.aceleración, T(t4-t5)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.16 0.03	0.16 0.03	0.473	0.504
Tiempo de vuelo, T(t5-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.21 0.07	0.19 0.08	1.562	0.217
Tiempo total T(t1-t6)	<i>M</i> <i>SD</i>	0.79 0.01	0.80 0.01	0.313	0.584

(\*\* $p \leq 0.01$ , \* $p \leq 0.05$ )

significación en el resto de las variables temporales. De aquí, podemos deducir que la significación obtenida en la variable tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), se debe al efecto conjunto o sumativo de todas las variables temporales.

Los resultados muestran inferiores tiempos de carrera ( $T(t1-t2)$ ), tiempos de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), y tiempos totales ( $T(t1-t6)$ ) en los lanzamientos realizados tanto en presencia de la oposición, como en los efectuados con parada alternativa, lo cual nos indican que el criterio de eficacia determinado por lanzar en el menor tiempo posible es uno de los factores que la muestra seleccionada cumple para evitar la posibilidad de intercepción del balón, así mismo, los lanzamientos efectuados con parada alternativa se muestran más eficaces en cuanto a la posibilidad de optimizar este criterio de eficacia (Pinotti, 1992).

La valoración del efecto de cada una de las variables independientes analizadas y comenzando por el factor sujeto, y al comparar todas las variables temporales del gesto, se observa que en todas ellas se han encontrado diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) lo que advierte que cada sujeto lanza de forma diferente, datos que vuelven a corroborar los resultados hallados en la primera investigación con respecto a la relación intersujetos (Kaelin et al, 1985; Southard et al., 1989; Walters et al., 1990; Southard y Miracle, 1993 y Miller y Bartlett, 1996).

La acción aislada de la variable oposición ha provocado diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), en la variable tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), observándose que los sujetos lanzan con un tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ) menor cuando realizan el gesto en presencia de la oposición, lo que podría indicarnos que aunque se optimiza el criterio de eficacia de lanzar en el menor tiempo posible (Pinotti, 1992), el criterio de lanzar desde la máxima altura posible (Vittassalo, 1982; Hay,

1985; Alexander, 1990 y Knudson, 1993) podría verse empeorado ya que el tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), al ser menor provoca que la altura a la que se eleva el CG del sistema jugador con balón sea también menor. Aunque para poder afirmar que la altura de salida del balón es menor debemos tener en cuenta cual es esta altura en ambas situaciones contextuales ya que la modificación de las posiciones adoptadas por los segmentos podrían mantener o incluso aumentar la altura de salida del balón (Miller y Bartlett, 1996).

Con respecto al tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), también se observa una cierta significación ( $p \leq 0.05$ ), reduciéndose cuando los lanzamientos se efectúan con presencia de oposición, al igual que en el resto de las variables aunque no puede afirmarse que existan diferencias significativas, indica que el efecto conjunto o sumativo de las variables temporales produce diferencias significativas entre las dos situaciones contextuales, optimizándose el criterio de eficacia de lanzar en el menor tiempo posible ante la presencia de oposición (Pinotti, 1992).

El hecho de encontrar diferencias significativas sólo cuando las variables temporales del gesto se miden en porcentaje al tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), explica que la amplitud del gesto se modifica mientras que los tiempos relativos entre fases permanecen constantes, ratificando el análisis de la primera actuación de investigación y las consideraciones de Schmidt (1985), en cuanto a que la amplitud es un parámetro susceptible de modificación entre ensayos mientras que los tiempos relativos entre fases permanecen invariables.

En cuanto al modelo de parada utilizado por el jugador y al igual que en la primera actuación de investigación se observan diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en las variables tiempo de carrera ( $T(t1-t2)$ ), y tiempo de impulso de frenado ( $T(t2-t4)$ ), lo que vuelve a corroborar los resultados acaecidos en el análisis de la primera actuación de investigación.

### **4.3.- Tercera y cuarta actuaciones de investigación**

Las actuaciones de investigación tercera y cuarta han tenido como objetivo valorar el efecto de la variable oposición sobre los factores biomecánicos, así mientras en la tercera se estudia el lanzamiento en salto tras carrera previa con el modelo de parada alternativa, en la cuarta se realiza el mismo estudio pero ejecutando el modelo de parada simultánea.

#### **4.3.1. Variables de producto**

En primer lugar, en relación a los resultados obtenidos en las variables de producto, y comenzando con la variable ángulo de salida del balón ( $\theta$  (balón)), se observan modificaciones cuando se aplica la variable oposición, aumentando su tasa ante la presencia de un oponente. Este incremento ( $p \leq 0.01$ ), en el ángulo de salida del balón ante la presencia de un oponente, repercute sobre la trayectoria del balón, de modo que éste incrementa su altura en el mismo espacio de tiempo con respecto a los lanzamientos sin oposición. De esta manera, el jugador salva la posible interceptación del balón por parte de la mano del oponente.

El hecho de que la media correspondiente al ángulo de salida del balón sea inferior en esta investigación con respecto a los estudios desarrollados por Mortimer (1951), Brancazio (1981), Toyoshima et al. (1981), Hudson (1982), Hay (1985), Hudson (1985a), Satern (1988), Tsarouchas et al., (1988), White y Elliot (1989), Walters et al., (1990), Miller y Bartlett (1993), Miller y Bartlett (1996), con una diferencia de  $41^\circ$  en este estudio frente a los  $48^\circ$  reflejados en las otras investigaciones mencionadas, puede deberse y como definen las ecuaciones de los proyectiles a un incremento de la altura de salida del balón, provocado fundamentalmente por la mayor estatura de la muestra de este estudio (1.95 m) frente a estos estudios mencionados (1.83 m).

En cuanto a la variable velocidad de salida del balón, y en función de los valores medios obtenidos en este estudio (6.38 m/s), ha resultado menor que los valores medios descritos en otras investigaciones referidas a lanzamientos desde la misma distancia, como Mortimer (1951), Penrose y Blanksby (1976) y Hudson (1985), los cuales muestran valores de 9.95, 7.08, y 7.13 m/s respectivamente. Consideramos que la causa puede deberse como en el caso anterior a que la altura de salida del balón en este estudio es muy superior (2.85 m) al de los estudios citados (2.10 m), debido a que la muestra de esta investigación posee un talla media superior. Estos datos coinciden con Walters et al., (1990), y Miller y Bartlett (1993) y Miller y Bartlett (1996) donde en el primero de ellos los lanzamientos en salto desde la línea de tiros libres están entre 6.6 y 6.9 m/s, mientras que en el segundo y tercero los resultados obtenidos se encuentran alrededor a 6.2 m/s debido al incremento de la altura de salida del balón teniendo en cuenta los aspectos positivos descritos por Mortimer (1951), Brancazio (1981), Hay (1985) y Ryan y Holt (1989), que comporta en relación al aumento de la precisión y reducción del margen de error en el lanzamiento.

Toyoshima (1981), Yates y Holt (1982), Satern (1988), Tsarouchas (1988) y Miller y Bartlett (1996) manifiestan una estrecha relación entre las variables ángulo y velocidad de salida del balón, proponiendo que un aumento del ángulo debería suponer un incremento de la velocidad de salida, y viceversa, postura también observada en esta investigación. Aunque en este caso, para la variable velocidad de salida del balón no se han obtenido diferencias significativas, sí se puede observar un aumento de la velocidad de salida del balón cuando se produce un incremento en su ángulo de salida que posiblemente, con una ampliación de la muestra podría llegar a ser significativo.



#### **4.3.2. Variables de proceso**

En las variables de proceso, la disminución del tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), ante la presencia del oponente, podría indicarnos que el jugador lanza desde una altura inferior, pero esto no ocurre así en la tercera actuación, ya que aunque la elevación del CG del sistema jugador con balón (SCG(balón)) es menor, la altura de salida del balón resulta mayor con oposición en la tercera actuación, y ligeramente inferior en la cuarta actuación de investigación. Este resultado se muestra aparentemente paradójico, puesto que no influye sobre el tiempo total ( $T(t1-t6)$ ) que es el primer criterio de eficacia del lanzamiento a canasta, ni sobre la altura del lanzamiento que se corresponde con el segundo criterio de eficacia del lanzamiento a canasta ya que incluso el sujeto lanza a una altura superior.

La justificación de estos resultados puede estar en que el jugador ha adoptado cambios en las posiciones de sus articulaciones en el momento del lanzamiento para que la altura de salida del balón se incremente a pesar de disminuir su altura de salto en los lanzamientos con oposición (Miller y Bartlett, 1996). Dichos ajustes posturales comienzan con la modificación de la variable ángulo de la rodilla al comienzo del impulso de aceleración ( $\theta$  rodilla ( $t4$ )), presentando valores medios mayores ante lanzamientos con presencia de oposición, lo cual nos revela que el jugador comienza esta fase con una posición más elevada de su CG (tercera actuación), incrementando también la distancia balón-vértex en el momento de despegue ( $t5$ ) debido probablemente a una posición más elevada del balón en ese instante (cuarta actuación).

En el momento de salida del balón se observa que el jugador aumenta aunque no significativamente, los ángulos de inclinación del tronco ( $\theta$  tronco ( $t6$ )), de flexión del hombro ( $\theta$  hombro ( $t6$ )) y el ángulo del codo ( $\theta$  codo ( $t6$ )),

en este momento final del lanzamiento, en el nivel de la variable independiente con oposición, resultados que coinciden con autores como Baker (1983), Ladner (1985), Alexander (1990), Ryan y Holt (1989), White y Elliot (1989), Satern (1989) y Miller y Bartlett (1996) al incrementar la distancia del lanzamiento. En estas variables, como se ha indicado, no se aprecian diferencias significativas pero probablemente el efecto conjunto de todas sumadas, o una ampliación de la muestra sí refleje significación entre las dos situaciones contextuales puesto que la tendencia a aumentar se observa en cada una de estas variables cuando la situación experimental se corresponde a la ejecución de lanzamientos con presencia de oposición.

Este planteamiento coincide con los resultados encontrados por Baker (1983), Ladner (1985), Alexander (1990), Ryan y Holt (1989), White y Elliot (1989), Satern (1989) y Miller y Bartlett (1996), en donde un incremento de la distancia del lanzamiento, o lo que es igual un incremento en el ángulo de salida del balón y/o su velocidad, repercute en un aumento de la flexión del hombro y la extensión del codo. Por lo tanto, podemos considerar que las posiciones adoptadas al final del lanzamiento deben considerarse como factores relevantes y que están condicionados por la existencia de la oposición (Lenart, 1993; Satern, 1993), Figura 69.

Interrelacionando las variables en las que se ha obtenido significación, podemos decir que ante la aplicación del nivel de la variable independiente, con oposición, los sujetos disminuyen el tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), con el fin de reducir el tiempo total ( $T(t1-t6)$ ), repercutiendo en un aumento de la distancia del lanzamiento, que les lleva a aumentar el ángulo de salida del balón ( $\theta$  (balón)), a través de una reorganización segmentaria con el propósito de disminuir la posibilidad de intercepción de la trayectoria del balón por parte del oponente, y lanzar en el menor tiempo posible.

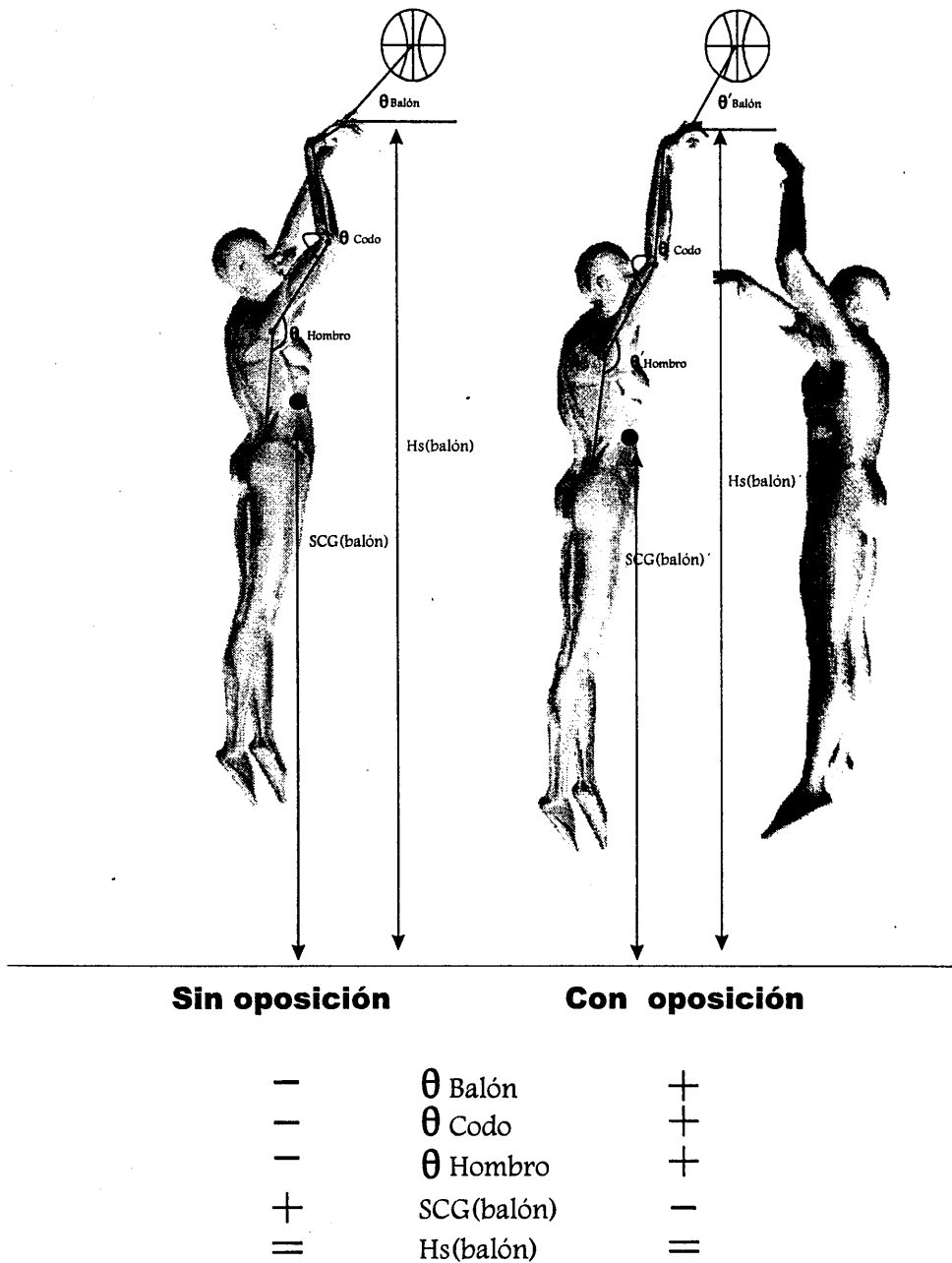


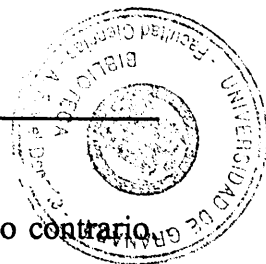
Figura 69.- Representación gráfica de las diferencias entre los lanzamientos realizados sin y con oposición, en el momento final de salida del balón.

Además en esta cuarta actuación se reduce el tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ), disminuyendo también el tiempo de impulso de aceleración ( $T(t4-t5)$ ), lo que ocasiona una menor disponibilidad temporal en la aplicación de fuerzas, que repercute en la ya mencionada disminución del tiempo de vuelo ( $T(t5-t6)$ ).

Teniendo en cuenta que el tiempo total del lanzamiento ( $T(t1-t6)$ ), es similar en las dos situaciones contextuales y observando que el desplazamiento vertical del balón desde su mínima cota hasta el momento de salida ( $t6$ ) ( $S_y$  (balón)), resulta mayor ante la presencia de oposición, es lógico que la variable velocidad media de subida del balón, desde su mínima cota vertical ( $t3$ ) hasta el comienzo de impulso de aceleración ( $t4$ ) ( $V_{\text{balón}}(t3-t4)$ ), sea significativamente ( $p \leq 0.01$ ), mayor con oposición dentro de la tercera actuación, esto puede ser debido a que el balón tiene que recorrer una mayor distancia en el mismo tiempo o incluso en un tiempo menor como ocurre en la cuarta actuación de investigación. Con respecto a la variable tiempo de comienzo subida del balón ( $T(t1-t3)$ ), se observa que cuando el lanzamiento se realiza con oposición presenta valores inferiores, repercutiendo en una mayor protección del balón, y una colocación más rápida del balón en la posición final de lanzamiento.

En cuanto a las ventajas técnicas que supone un tiempo de carrera pequeño, encontramos un incremento en la velocidad de subida del balón a la posición de lanzamiento, y un menor desplazamiento horizontal del cuerpo desde la recepción del balón disminuyendo el riesgo de cometer falta en ataque y desestabilización corporal.

En el análisis de la distancia del CG, al centro de la base de sustentación en el momento de salida del balón ( $DCG-cb(t6)$ ), se ha obtenido un incremento de esta distancia cuando el gesto se realiza ante oposición, independientemente de



que este aumento sea hacia la dirección del lanzamiento o en sentido contrario. Debemos tener en cuenta que puede deberse a la reorganización segmentaria que realiza el sujeto, provocado por un incremento de la flexión del hombro que repercute en un desplazamiento hacia atrás (sentido contrario al desplazamiento) del CG Este desplazamiento y de acuerdo con Hay (1985), no supone una pérdida de la estabilización corporal en el momento del lanzamiento, sino que corresponde a esta nueva disposición segmentaria del hombro y codo del brazo de lanzamiento.

Aunque no se puede afirmar, con los resultados expuestos en esta investigación, que el resto de los factores analizados no estén determinados por las condiciones contextuales, es posible que ciertas interacciones conjuntas de factores, puedan determinar una cierta significación o que aumentando la muestra, el nivel de significación también se incremente.

#### **4.3.3. Aspectos relacionados con el control motor durante el lanzamiento.**

La velocidad horizontal en el momento de la recepción ( $V_{x,z}(t_1)$ ), aunque no se han encontrado diferencias significativas, es mayor cuando el gesto se realiza ante oposición, lo que podría indicar que la anticipación espacial desarrollada por el sujeto también debe ser mayor ante oposición, en donde el sujeto utiliza los preíndices de la técnica como medios de anticipación ante la presencia del oponente, lo que le permite distanciarse del posible bloqueo defensivo (Rosenbaum 1980; Zelaznick y Hahn, 1985 y Oña, 1994).

El programa motor del lanzamiento a canasta y confirmando los estudios de Shea y Morgan (1979), y Schmidt (1985) se encuentra ubicado como un elemento global y organizado en el nivel superior del control multiniveles, desde donde se desarrollan a partir de niveles inferiores, a su vez están controlados por

el contexto, concretándose en las modificaciones vistas en cuanto al tiempo, velocidad y amplitud del gesto. Las variables o parámetros que se adaptan a las diferencias contextuales coinciden con los estudios de Shapiro et al., (1981), y Schmidt (1985), la duración, velocidad y amplitud del gesto; la duración y la velocidad se han modificado en el tiempo de vuelo ( $T(t_5-t_6)$ ), mientras que la amplitud del gesto hace mención a toda la reorganización segmentaria producida en el momento del lanzamiento reflejada en las oscilaciones angulares del tronco, hombro y codo del brazo de lanzamiento (Miller y Bartlett, 1996).

Con respecto a la organización en memoria del gesto, programa motor generalizado (Schmidt, 1988), se ha observado que los jugadores lo modifican ante la presencia de la oposición lo que refleja la adaptabilidad del sistema neuromuscular a las variaciones contextuales (Schmidt, 1988). Así, podemos deducir, en función de los resultados obtenidos en las variables de proceso y de producto, que la influencia de la oposición afecta a la fase final del lanzamiento, momento en donde el sujeto realiza un ajuste segmentario que conlleva a un ángulo de salida superior en situaciones con presencia de la oposición. Esta reorganización segmentaria producida en la fase final del lanzamiento en salto, confirma que el lanzamiento no es una copia fija del gesto físico que permanece durante todo el procesamiento, sino que debe definirse cada vez según las condiciones ambientales, siendo la información de resultados (feedback) quien defina las condiciones en las que se desarrolla el gesto de estudio. De acuerdo con Adams (1971) y su teoría del bucle cerrado en el control de la información, en donde el sujeto puede utilizar la información derivada de las primeras etapas de ejecución del gesto para realizar ajustes segmentarios en las últimas etapas del mismo, Figura 70. En función de estos resultados, la práctica del lanzamiento en diversas situaciones contextuales podría ampliar la capacidad de adaptación del programa motor a situaciones novedosas, además de aumentar la retención de esa conducta (Landin, et al. 1993).

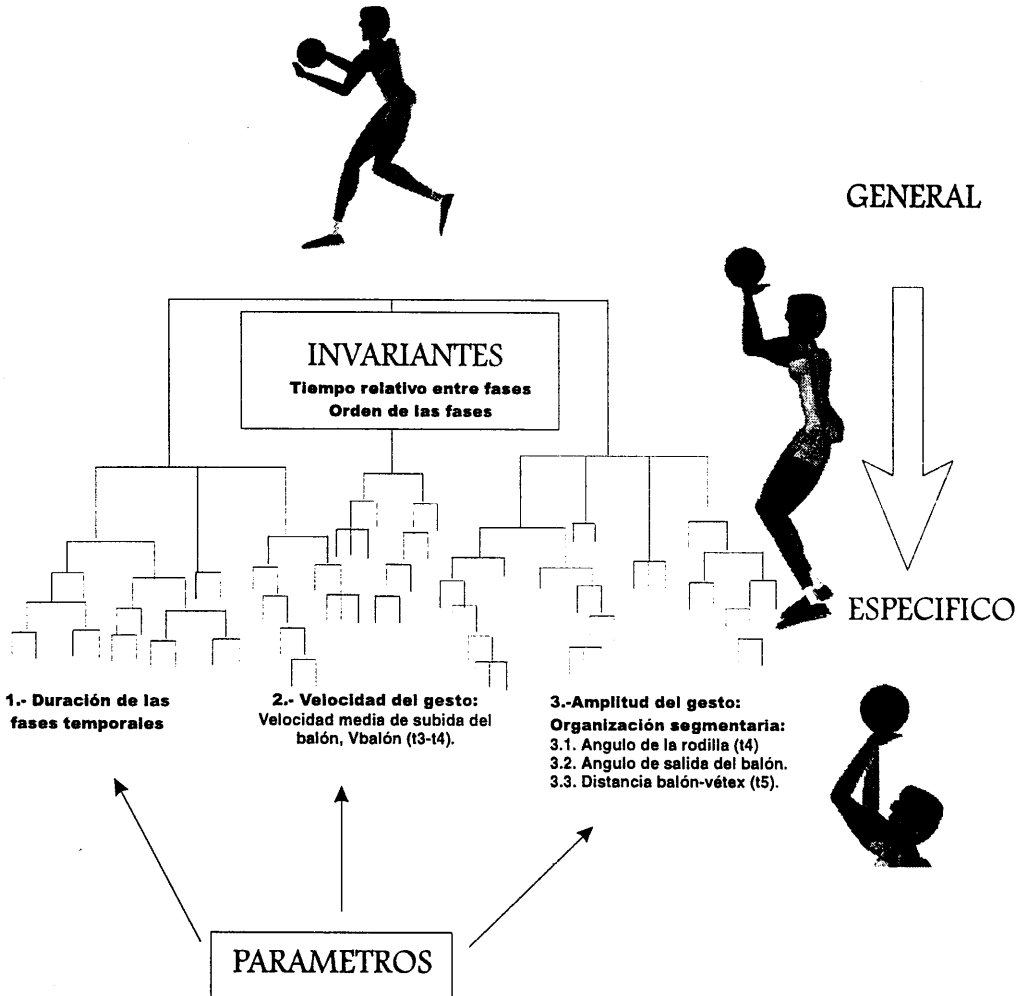


Figura 70.- Representación gráfica de las invariantes y parámetros que conforman la ejecución del programa motor del lanzamiento a canasta.

#### **4.3.4. Cadena cinética del lanzamiento en salto tras carrera previa**

Comenzando la valoración de la cadena cinética analizando la relación existente entre los brazos y piernas, se observa que la acción activa de los brazos en el momento de recepción del primer pie en el suelo ( $t_2$ ), modificándose tanto los valores registrados para la energía cinética como para la velocidad angular, más acusadamente en este segundo parámetro. Esto se debe al desplazamiento que efectúan los brazos hacia abajo, que sirve para que el CG no reduzca bruscamente su velocidad vertical debido al contacto del pie con el suelo y se amortigüe el impacto inicial disminuyendo las fuerzas de impacto sobre el primer pie que apoya el suelo (Scolnick, 1967; Perrine y Edgerton, 1978; Dapena y Chung, 1988 y Lees y Barton, 1996).

Posteriormente durante el tiempo de impulso de frenado ( $T(t_2-t_4)$ ), los brazos se dirigen hacia arriba y hacia adelante, aumentando paulatinamente los valores de energía y velocidad angular, lo que contribuye a que el CG se desplace también hacia delante y arriba incrementando su distancia con respecto a la cadera. Este hecho hace que las piernas tengan que soportar unas mayores fuerzas radiales hacia abajo, incrementándose en este momento las fuerzas comprensivas, que provocan en primer lugar un aumento de la velocidad de estiramiento de la musculatura extensora de las piernas (Scolnick, 1967; Dapena y Chung, 1988 y Lees y Barton, 1996), y en segundo lugar y como consecuencia de este aumento de la velocidad una mayor tensión durante el tiempo de impulso de frenado ( $T(t_2-t_4)$ ), teniendo como consecuencia una velocidad de acortamiento más lenta durante el tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ) (Gutiérrez et al., 1992), estas dos condiciones durante el tiempo de impulso de frenado ( $T(t_2-t_4)$ ) y durante el tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ), permiten incrementar la tensión muscular (Komi, 1973). Durante este intervalo de frenado, las piernas disminuyen



sus energías cinéticas y sus velocidades angulares hasta resultar mínimos al final de este período de tiempo, por el efecto del amortiguamiento y frenado necesarios en la velocidad transversal del CG, para poder realizar el salto vertical que precede a la salida del balón.

En el tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ), aunque se observa un incremento de la velocidad angular del antebrazo del brazo ejecutor, los brazos no se aceleran hacia arriba, con el consiguiente efecto negativo en el incremento de la aceleración del CG del sistema jugador con balón (Scolnick, 1967; Dapena y Chung, 1988 y Lees y Barton, 1996). Esto puede ser debido a la precisión requerida en esta fase del gesto, en donde los brazos y el balón deben estar situados en una posición estable, que le permita al sujeto, ejecutar con precisión la parte final del lanzamiento, que como hemos observado anteriormente, es aquella en la que el sujeto realiza los ajustes segmentarios necesarios en función de las condiciones en las que se efectúe dicho lanzamiento (Miller y Bartlett, 1996). Durante este tiempo de impulso de aceleración ( $T(t_4-t_5)$ ), los músculos extensores de las piernas se contraen rápidamente, mostrando valores máximos en cuanto a la energía cinética y velocidad angular al finalizar este intervalo temporal.

A partir de ese momento, coincidente con el inicio del despegue ( $t_5$ ), es el momento en el cual el tronco alcanza los valores de energía cinética y velocidad angular más elevados, debido principalmente a la aceleración que se produce en el CG y al porcentaje de masa que posee el tronco (de Leva, 1996).

En el momento del despegue ( $t_5$ ) y hasta el final del lanzamiento, el jugador se encuentra en fase aérea, en donde se produce una flexión del hombro y muñeca, y una extensión del codo del brazo que impulsa el balón. En el

instante que precede a la salida del balón se produce un incremento de la velocidad angular y en la energía cinética del antebrazo disminuyendo dichos valores rápidamente, a la que vez que los mismos parámetros en la mano se incrementan, este hecho puede suponer una transferencia del momento angular entre estos segmentos en esta fase final del lanzamiento (Kreigbaum y Barthels, 1981).

Siguiendo a estos autores y en función de la clasificación que proponen de los tipos de cadena cinética en cuanto a que el movimiento simultáneo de las articulaciones con el objetivo de obtener precisión lo denominan cadena cinética de empuje y el movimiento secuencial de las articulaciones con el objetivo de incrementar paulatinamente la velocidad de los segmentos, lo denominan cadena cinética secuencial, el tipo de cadena cinética desarrollado por los jugadores podría considerarse como de empuje (Alexander, 1990 y Walters et al., 1990), con un componente de secuencialidad en la fase final del lanzamiento, entre el antebrazo y la mano que impulsa el balón. Probablemente, un incremento de la distancia del lanzamiento, repercutiría en la necesidad de aumentar la velocidad de salida del balón, y aumentando posiblemente, este componente de secuencialidad, y de esta manera se modificarían el comportamiento energético y las velocidades angulares de otros segmentos.

## CONCLUSIONES

### 5.- Conclusiones

## **5.- CONCLUSIONES**

### **5.1. Conclusión primera**

El enfoque multidisciplinar en el análisis del lanzamiento en salto mediante la doble vía de la biomecánica y el control motor, ha supuesto la consolidación de una línea de investigación en la valoración de gestos abiertos emprendida en el grupo de investigación, "Análisis del movimiento humano", especialmente difícil en el campo de la biomecánica deportiva debido a que la ejecución de sus elementos técnicos está determinada por todo tipo de reaferecias y contingencias externas.

### **5.2. Conclusión segunda**

El análisis de la consistencia temporal del gesto nos revela que los sujetos lanzan con similares características temporales, teniendo una alta consistencia temporal propia de sujetos del máximo nivel profesional, lo cual refleja una alta sofisticación en la ejecución del programa motor y una precisión determinada en la relación fuerza y tiempo de las contracciones musculares intervinientes en la secuencia del gesto cuando éste se realiza en las mismas condiciones contextuales. Debiéndose considerar a la constancia temporal como un factor determinante en el rendimiento deportivo, valorándose como uno de los objetivos prioritarios en el aprendizaje y desarrollo deportivo.

### **5.3. Conclusión tercera**

Cada sujeto lanza de forma diferente desde el punto de vista de la estructura temporal del gesto debido a que la ejecución de este gesto depende de las características individuales y de la experiencia previa de cada jugador, con lo que esto significa en cuanto a que no existe un modelo técnico universal para todos los jugadores, sino que cada jugador posee el suyo propio, siendo éste modificable en función de las circunstancias contextuales de su aplicación.

### **5.4. Conclusión cuarta**

El modelo de parada alternativa empleada por los jugadores durante el lanzamiento a canasta tras carrera previa, se ha mostrado más eficaz en cuanto a que optimiza los criterios de eficacia de lanzar en el menor tiempo posible y desde la mayor altura posible. Por otro lado las diferencias encontradas entre ambos modelos de parada indica que nos encontramos ante dos gestos con características diferentes y como tales deben considerarse en su aprendizaje y desarrollo.

### **5.5. Conclusión quinta**

La variabilidad contextual representada por el efecto de la oposición ha reportado como invariantes del programa motor, el tiempo relativo entre las fases del gesto y el orden de los elementos que se han sucedido en cada una de estas fases. Así mismo, se identifican como parámetros o variantes del lanzamiento, las posiciones espaciales adoptadas por el brazo ejecutor en la fase final del lanzamiento, aumentando el ángulo de salida del balón a través de una reorganización segmentaria con el propósito de disminuir la posibilidad de intercepción del balón por parte del oponente y lanzar en el menor tiempo

posible, disminuyendo el tiempo de vuelo. Esta reorganización segmentaria confirma que el programa motor del lanzamiento a canasta no es una copia fija del gesto físico, sino que éste se encuentra ubicado como un elemento global y organizado en el nivel superior del control multiniveles, desde donde se desarrolla y define en función de la situación contextual de aplicación, determinada por los parámetros que inciden en la variabilidad del gesto, que deben tenerse en cuenta en el aprendizaje y perfeccionamiento de los lanzamientos.

#### **5.6. Conclusión sexta**

La cadena cinética desarrollada por los jugadores en ambas situaciones contextuales se ha correspondido con una cadena cinética de empuje hasta el momento previo a la salida del balón en donde se aprecia una transferencia de momento angular entre el antebrazo y la mano del brazo ejecutor, indicándonos la existencia de cadena cinética secuencial en la fase final del lanzamiento.

#### **5.7. Conclusión séptima**

La anticipación espacial desarrollada por los jugadores se acentúa en la situación con oposición, en donde el sujeto aumenta la velocidad de su carrera previa a la recepción del balón para lanzar en el menor tiempo posible, lo que significa una optimización de la anticipación espacial en esta situación.

## **Mejoras y perspectivas futuras**

Las mejoras y perspectivas futuras que se plantean una vez concluido este estudio, se pueden clasificar en una doble vertiente, por un lado las referidas a la metodología empleada y por otro lado, a la aplicación de esta metodología.

En primer lugar, a nivel metodológico y comenzando con el primer proceso, la filmación llevada a cabo con cámaras Super-VHS, ha resuelto los problemas de resolución y de frecuencia de muestreo que planteaba el sistema de video, no obstante se hace recomendable la colocación de marcadores epidérmicos que faciliten la detección de los puntos anatómicos seleccionados y que no alteren la ejecución del gesto.

En el siguiente proceso, la digitalización, debe ser hacia donde se dirija la evolución de la tecnología, encaminada a la eliminación del factor humano mediante el perfeccionamiento de los algoritmos de reconocimiento de contornos, visión artificial, simulación y realidad virtual, que incrementen la automatización del proceso y disminuyan el coste temporal que supone la digitalización de una muestra como la de la presente investigación. Por otro lado, la gestión de la imagen a través del ordenador, automatizando el proceso de avance y retroceso del magnetoscopio mediante un soporte lógico específico, facilitará el control y se aumentará la fiabilidad de la captación en pantalla de las imágenes.

El proceso de reducción del error e interpolación temporal mediante las funciones splines de quinto grado podrían tener en cuenta su aplicación automática mediante otros algoritmos que tengan en cuenta el comportamiento individual de cada punto anatómico. En cuanto al proceso de sincronización

## CONCLUSIONES

---

temporal, se debe tender hacia la sincronización de las cámaras a través de un dispositivo interno que inserte un rótulo o una señal en una imagen de las dos cámaras mediante el accionamiento manual de un botón de un mando a distancia conectado con ambas cámaras, o dispositivos externos visibles, aunque la detección de eventos concretos a posteriori permita desarrollar este proceso de forma fiable.

La aplicación del procesamiento de los datos en el entorno informático MS DOS, debería tornarse hacia la adaptación al entorno Windows, entorno hacia el que se inclinan los procesos informáticos actuales.

En segundo lugar y en cuanto a la aplicación de esta metodología en esta línea de investigación, podría ir encaminada al estudio del mismo gesto deportivo, pero considerando los otros parámetros de variabilidad, obteniéndose los factores discriminativos entre lanzamientos desde diferentes distancias al aro distinguiendo los tipos de cadenas cinéticas utilizadas, lanzamientos entre hombres y mujeres, con el objeto de determinar las modificaciones necesarias en este deporte y las diferencias entre jugadores profesionales y jugadores en proceso de aprendizaje para valorar los criterios de eficacia, y las adaptaciones que requiere este proceso, en cuanto a la utilización de diferentes tipos de balones y altura de la canasta, así mismo, podría profundizarse el estudio sobre los modelos de parada que realiza el jugador analizando la actividad muscular y la aplicación de fuerzas. Por otro lado, debería de considerarse la posibilidad de la aplicación del análisis del lanzamiento a canasta en situación de competición.

El estudio en esta línea de investigación, igualmente puede ir dirigido hacia el análisis de los parámetros de eficacia en otros gestos del baloncesto y de medios técnicos de otros deportes.





## 6.- Bibliografía

- Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- Abdel-Aziz, Y.I. y Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proc. ASP/UI Symp. Close-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois*. Falls Church, V.A: American Society of Photogrammetry, 1-18.
- Asociación de Clubs de Baloncesto (A.C.B.). (1997). Servicio de estadísticas. *Estadísticas temporada 1996-97*. A.C.B. Barcelona.
- Alexander, M. (1990). The application of biomechanics to basketball skills. *CAHPER Journal*, 56 (3), 4-10.
- 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, A. (1994). *The ARIEL Performance Analysis System (APAS)*. Manual de referencia del paquete de software.
- Atwater, A.W. (1977). Biomechanical of throwing correction of common misconceptions. *Joint Meeting of NAPECM and NAPECM*. Orlando, fla.
- Baker, J. (1983). Teaching the Jump Shot. *Women's Coaching Clinic*, 10, 3-5.
- Ball, R. (1989). The basketball Jump Shot: A Kinesiological Analysis with recomendation for Strength and Conditioning Programs. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 11 (5), 4-12.
- Bernstein, N. (1947). *Sobre la estructura de los movimientos*. Moscú: Casa Estatal de Publicaciones Médicas.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Bishop, R.D. y Hay, J.G. (1979). Basketball: The mechanics of hanging in the air. *Medicine and Science in Sport*, 11 (3), 274-277
- Bobbert, M.F. y Schenau, J.I. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal Biomechanics*, 21 (3), 249-262.
- Bober, T. y Zawadzki, J. (1993). Pre-Stretch phase characteristics and the effectiveness of the take-off in vertical jumping. *XIV Congress International Society of Biomechanics*.
- Bosco, C. (1985). L'effeto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *Athleticstudy*, 1, 7-113.
- Brancazio, P.J. (1981). The Physics of basketball. *American Journal of Physics*, 49, 356-365.
- Brooks, V.B. (1979). Motor programs revisited. En R.E. Talbot y D.R. Humphrey (Eds.), *Posture and movement* (13-49). New York: Raven Press.
- Catalano, J.F. y Kleiner, B.M. (1984). Distant transfer in coincident timing as a function of variability of practice. *Perceptual and Motor Skills*, 58, 851-856.
- Cavagna, G.A.; Saibene, F.P. y Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Physiology*, 20, 157-158.
- Cavanagh, P.R. y Lafortune, M.A. (1980). Ground reaction forces in distance running. *Journal of Biomechanics*, 13, 397-406.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Chandler, R.F.; Clauser, C.E. y McConville, H.M. (1975) *Investigation of inertial properties of the human body*. NTIS, Springfield.
- Chase, M.; Ewing, M.; Lirgg, C. y George, T. (1994). The effects of equipment modification on children's self-efficacy and basketball shooting performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65 (2), 159-168.
- Clauser, C.E.; McConville, J.T. y Young, J.W. (1969). *Weight, volume and center of mass of segments of the human body*. ARML Technical Report 69-70, Wright-Patterson Air Force Base.
- Cometti, K. (1989). *La Pliometrie*. Dijon: UFR Staps Dijon. Universite de Bourgogne.
- Craik, F.I.M. y Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11, 671-684.
- Dapena, J. (1978). A method to determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing through its center of gravity. *Journal of Biomechanics*, 11, 251-256.
- Dapena, J. y Chung, S.C. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 20 (3), 290-302.
- Dapena, J.; McDonald, C. y Cappaert, J. (1990). A regression analysis of high-jumping technique. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6, 246-261.
- De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 29 (9), 1223-1230.

## *BIBLIOGRAFIA*

---

- Del Río, J.A. (1990). *Metodología del baloncesto*. Ed. Paidotribo. Barcelona.
- Diehl, D.; Tant, C.L.; Emmons, S. y Osborn, R. (1993). A comparison of the basketball set shot at two different distances. *XI International Symposium of Biomechanics in Sports*, 309-312.
- Drysdale, S.J. (1973). A cinematographic and comparative analysis of the basketball jump shot. (Doctoral dissertation, University of Iowa, 1972). *Dissertation Abstracts International*, 33, 6711-A.
- Elliot, B. (1991). The jump shot: A comparison of male and female shooting techniques. *Sports coach*, 51 (14), 4.
- Elliot, B. (1992) A Kinematic comparison of the male and female two-point and three-point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 24 (4), 111-118.
- Elliot, B. y White, E. (1989). A kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shots in basketball. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 21 (2), 7-11.
- Federación Internacional de Baloncesto, FIBA (1994). *Reglamento oficial de baloncesto*. Federación Española de Baloncesto. Madrid.
- Fidelus, K. (1982). Aprovechamiento de la biomecánica para el análisis de la eficacia del entrenamiento en fútbol. *Revista del Entrenador Español*, 16, Abril 1983. (Traducción al Español de Sport Wyczynowy. 11, 3-10).
- Ferrario, V.F.; Sforza, C.; Michielson, G. y Pisoni, M. (1993). Quantitative evaluation of the style of movement during the basketball free throw. A new morphological analysis. *XIV International Society of Biomechanics Congress*, 408-409, París.

## *BIBLIOGRAFIA*

---

- Fukushima, M., et al. (1985). Factors affecting free throwing. *III International Symposium of Biomechanics in Sports*. 87-89.
- Gabbard, C.P. y Shea, C.H. (1980). Effects of varied goal height practice on basketball foul shooting performance. *Coach and Athlete*, 42, 10-11.
- Gaunt, J.G. (1976) A cinematographical and comparative analysis of the basketball jump shot as performed by male and female shooters. *Unplished Doctoral Thesis*. University of Eastern Kentucky.
- Greene, P.H. (1972). *Problems of organization of motor systems*. En R.Rosen & F.M. Snell (Ed.), *Progress en theoretical biology*. New York: Academic Press, 1972.
- Gutiérrez, M. (1990). Desarrollo de un sistema computerizado de análisis cinematográfico y su sincronización con los registros directos para el análisis del movimiento humano. *Tesis Doctoral*. Servicio de publicaciones. Universidad de Granada.
- Gutiérrez, M.; Oña, A. y Santamaría, F.J. (1988). Hacia una epistemología motriz como resultado de la aproximación científica al estudio del movimiento humano. *Motricidad*, 2,1,. Ed. C.D. INEF Granada.
- Gutiérrez, M.; Soto, V.M. y Martínez, M. (1990). *Sistema de análisis computerizado para el movimiento humano*. Malaga: UNISPORT.
- Gutiérrez, M.; Soto, V.M. y Santos, J.A. (1992). *Análisis biomecánico del remate de voleibol*. Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada.
- Hartley, J.W. y Fulton, C. (1971). Mechanical analysis of the jump shot. *Athletic Journal* , 51 (7), 92-95, 128-129.

- Hatze, H. (1990). Data conditioning and differentiation techniques. *Biomechanics of human movement: applications in rehabilitation, sports and ergonomics*. (ed. por Berme, N. y Cappozzo, A.). 237-248. Bertec Corporation, Worthington, Ohio.
- Hay, J.G. (1994). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Clifs, N.J.
- Hay, J.G. y Reid, J.G. (1982). *The anatomical and mechanical bases of human motion*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clifs, N.J.
- Hayes, D. (1987). Body segment contributions to the free throw shooting in basketball. *V International Symposium of Biomechanics in Sports*, Atenas.
- Heise, G. (1994). Segment interactions of the arm during the practice of a novel, multijoint throwing skill. *Journal of applied biomechanics*, 10, 352-373.
- Henry, F.M. y Rogers, D.E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a memory-drum theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 440-447.
- Hess, C. (1980). Analysis of the jump shot. *Athletic Journal*, 61 (3), 30-33, 37-38, 58.
- Hill, A.V. (1922). The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *Journal of Physiology*. 56, 19-41.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los Movimientos Deportivos*. Madrid, Doncel.
- Hudson, J.L. (1982). A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball. *I International Symposium of Biomechanics in Sports*, 95-102.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Hudson, J.L. (1985a). Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly For Exercise and Sport*, 56 (2), 115-121.
- Hudson, J.L. (1985b). Shooting techniques for smaller players. *Athletic Journal*, 66 (4), 22-23, 56.
- Hudson, J.L. (1985c). Drop, stop, pop: keys to vertical jumping. *Strategies*, 3, 11-14.
- Hudson, J.L. (1986). Coordination of segments in the vertical jump. *Medicine and Scienicie in Sports Exercise*, 18 (2), 242-251.
- Hull, C.L. (1943). *Principles of behavior*. New York: Appleton-Century.
- Huston, R.L. y Passarello, C.E. (1971). On the dynamics of a human body model. *Journal of Biomechanics*, 4 (5), 369-378.
- Ingram, B y Snowden, S. (1989). Face up to good shooting technique. *Scholastic Coach*, 59 (4), 58-59, 79.
- Isaacs, L.D. y Karpman, M.B. (1981). Factors effecting children's basketball shooting performance: A log-linear analysis. *Carnegie School of Physical Education and Human Movement*, 1, 29-32.
- Juhasz, M. y Wilson, B.D. (1982). Effect of ball size on shooting characteristics of junior basketballers in comparison to adults. *Australian Journal of Sport Sciencies*, 2 (2), 16-20.
- Kaelin, X.; Unold, E.; Stüssi, E. y Stacoff, A. (1985). Interindividual and Intraindividual Variabilities in Running. En *Biomechanics IX-B*, (Editado por Winter, D. et al.). 356-360. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL.



## *BIBLIOGRAFIA*

---

- Kane, T.R. y Scher, M.P. (1970). Human self-rotation by means of limb movements. *Journal of Biomechanics*, 3 (1), 39-49.
- Keele, S.W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.
- Kerr, B.A. y Booth, A. (1966). Relationship between speed of reaction and movement in a knee extension movement. *Research Quarterly*, 37, 5-60.
- Kinzel, G.L.; Hall, A.S. y Hillberry, B.M. (1972) Measurement of the total motion between two body segments. Analytical development. *Journal of Biomechanics*, 5 (1), 93-105.
- Kirby, R. y Roberts, J.A. (1985) *Introductory Biomechanics*. Movement Publications, Ithaca, N.Y. 340-343.
- Knudson, D. (1993). Biomechanics of the basketball jump shot: six key teaching points. *Journal of the physical education, recreation and dance*, 64, 67-73.
- Komi, P.V. (1973). *Relationship between muscle tension, EMG y velocity of contraction under concentric and eccentric*. New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology. 596-606. Basel, Karger.
- Komi, P.V. (1984). Physiological y biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and sport sciences reviews*, 12.
- Kramer, H.; Bräuer, D. y Küchler, G.(1981). Inter-individual variability and intra-individual reaction stability of the mean bioelectrical muscular activity of the long fingers flexors in a model exercise. En *Biomechanics VIIB*. 71-76. (Ed. H.Matsui y K.Kobayashi), Human Kinetics Publishers, Champaign, IL.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Kreighbaum, E. y Barthler, K.M. (1981). *Biomechanics a qualitative approach for studying human movement*. Burgess Publishing Company: Minneapolis. Minnesota, 377-411.
- Kugler, P.N.; Kelso, J.A. y Turvey, M.T. (1980). On the concept of coordinate structures as dissipative structures. *Tutorial in Motor Behavior*. En G.E. Stelmach & J. Requin (Eds.), Amsterdam, 3-37.
- Ladner, J.L. (1985). Fundamentals of shooting the jump shot. *The Basketball Clinic*, 1, 11-16.
- Lashley, K.S. (1951). The accuracy of movement in the absence of excitation from the movin organ. *The American Journal of Physiology*, 43, 169-194.
- Lee, W.A. (1980). Anticipatory control of postural and task muscles during rapid arm flexion. *Journal of Motor Behavior*, 12, 185-196.
- Lees, A. y Barton, G. (1996). The interpretation of relative momentum data to assess the contribution of the free limbs to the generation of vertical velocity in sports activities. *Journal of Sports Sciences*, 14, 503-511.
- Lees, A. y Graham-Smith, P. (1996). Plyometric training: a review of principles and practice. *Sports Exercise and Injury*, 2, 24-30.
- Lenart, I. y Rzymkowski, C. (1993). Biomechanical analysis of basketball throw using the kinematographic method and computer simulation . *XIV Congress of the International Society of Biomechanics*. 1, 786-787. París.
- Lindeburg, F.A. y Hewitt, J.E. (1964). Effect of an oversized basketball on shooting ability and ball handling. *Research Quarterly*, 36, 164-167.

## *BIBLIOGRAFIA*

---

- Marteniuk, R.G. (1974). Individual differences in motor performance and learning. En J.H. Wilmore (Ed.), *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2, 103-130.
- Martin, T.P. (1981). Movement analysis applied to the basketball jump shot. *Physical Educator*, 38 (3), 127-133.
- Martínez, M. (1994). Incidencia del control de la información a través de un sistema automatizado sobre los parámetros de la respuesta de reacción. Aplicación a las salidas deportivas de velocidad. *Tesis Doctoral*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada.
- McClay, I.S. y Robinson. J.R. (1994). A profile of ground reaction forces in professional basketball. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 222-236.
- McCracken, H.D. y Stelmach, G.E. (1977). A test of the schema theory of discrete motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 9, 193-201.
- Miller, D.I. (1980). A computer simulation modelo of the airborne phase of diving. En *Biomechanics*, (Editado por Cooper, J.M.), Athletic Institute, Chicago, 207-218.
- Miller, D.I. (1990). Ground reaction forces in distance running. En P.Cavenagh (Ed.) *Biomechanics of distance running* (203-224). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Miller, S. y Bartlett, R.M. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sports Sciencies*, 11 (4), 285-293.
- Miller, S. y Bartlett, R.M. (1993). Weight transfer in basketball shooting. *XIV Congress International Society of Biomechanics*, 2, 878-879.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Miller, S. y Bartlett, R.M. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sports Sciences*, 14, 243-253.
- Mortiner, E.M. (1951). Basketball shooting. *Research Quarterly*, 22, 234-243.
- Navarro, E. (1994). Análisis biomecánico de la técnica individual del lanzamiento de jabalina. *Tesis Doctoral*. Instituto de Biomecánica de Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.
- Nelson, D.L. y McEvoy, C.L. (1979). Encoding context and set size. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 292-314.
- Newell, K.M. y Shapiro, D.C. (1976). Variability of practice and transfer of training: Some evidence toward a schema view of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 8, 233-243.
- Newell, K.M.; Hoshizaki, L.E.; Carlton, M.J. y Halbert, J.A. (1979). Movement time and velocity as determinants of movement timing accuracy. *Journal of Motor Behavior*, 11, 49-58.
- Newell, K.M. y Corgos, D.M. (1993). Issues in variability and motor control. In *Variability and motor control*. K.M. Newell y D.M. Corgos (eds). 1-12. Human Kinetics Publishers. Champaign, Il.
- Oña, A. (1994). *Comportamiento Motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Universidad de Granada.
- Passarello, C.E. y Huston, R.L. (1971). Human attitude control. *Journal of Biomechanics*, 4(2), 95-102.
- Pedotti, A.; Rodano, R. y Frigo, C. (1983). Optimization of motor coordination in sport: an analytical and experimental approach. *Biomechanics and*

## BIBLIOGRAFIA

---

- Performance in Sport*. (ed. por Baumann, W.) 145-160. V.K. Hofmann, Schorndorf.
- Penrose, T. y Blanksby, B. (1976). Film analysis: Two methods of basketball jump shooting techniques by two groups of different ability levels. *The Australian Journal for Health, Physical Education and Recreation*, 14-23.
- Pereda, S. (1987). *Psicología Experimental I. Metodología*. Pirámide. Madrid.
- Perrine, J.J. y Edgertone, V.R. (1978). Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Medicine Science and Sport*, 10, 159-156.
- Phillips, S.J. (1985) Invariance of elite kicking performance. En *Biomechanics IX-B*. 539-542. (Editado por Winter, D. et al.), Human Kinetics Publishers, Champaign, IL.
- Pike, N.L. (1983). Variability of performance of skilled punters in football. *Research Abstracts*, Minneapolis AAHPERD Convention, 23.
- Pinotti, F. (1992). El tiro es fundamental... como todo. *Clinic*, 18, 38-39.
- Pintor, D. (1997). *Planteamiento metodológico de la enseñanza del baloncesto*. En prensa.
- Plagenhoeff, S. (1971). *Patterns of human motion*. Prentice-Hall, Toronto.
- Poulton, E. C. (1963). Sequential short-term memory: Some tracking experiments. *Ergonomics*, 6, 518-522.
- Primo, G. (1986). *Baloncesto: el ataque*. Martínez Roca. Barcelona.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Ramey, M.R. y Yang, A.T. (1981) A simulation procedure for human motion studies. *Journal of Biomechanics*, 14 (4), 203-213.
- Ripoll, H. (1980). *Activités de perception de balle et de lancer de précision au basket-ball*. Paris: D.G.R.S.T. Action Sport-Aide, N° 77.7.0821.
- Rosenbaum, D.A. (1980). Human movement initiation: Specification of arm, direction and extend. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.
- Ryan, P. y Holt, L.E. (1989). Kinematic variables as predictors of performance. In W.E. Morrison (Ed.), *Proceeding of the Seventh International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*, 79-88. Melbourne, Victoria: Footscray Institute of Technology.
- Saézn, P. e Ibañez, S. (1995) El Tiro: Clasificación, evaluación y su entrenamiento en cada categoría. *Clinic*, 3, 29-34.
- Satern, M.N. (1988). Basketball: Shooting the jump shot. *Strategies*, 1 (4), 9-11.
- Satern, M.N. (1990). Comparison of adult male and female performance on the basketball free throw to that adolescent boys. *VI International Symposium on Biomechanics in Sports*, 307-316.
- Satern, M.N. (1993). Kinematics parameters of basketball jump shots projected from varying distances. *XI International Symposium of Biomechanics in Sports*, 313-317.
- Satern, M.N.; Messier, S.P. y Keller-McNulty, S. (1989). The effect of ball size and basket height on the mechanics of the basketball free throw. *Journal of Human Movement Studies*, 16, 123-137.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Satern, M.N. y Keller-McNulty, S. (1992). Use of position-time to compare free throw shooting styles of adult male and female basketball players. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 13-33.
- Schneider, W. y Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and automatic human information processing: perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84 (2), 127-189.
- Schmidt, R.A. (1985). The search for invariance in skilled movement behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 188-200.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor Control and Learning*. Human Kinetics. Champaign, IL.
- Schmidt, R.A.; Treffner, P.J., Shaw, B.K. y Turvey, M.T. (1992). Dynamical aspects of learning an interlimb rhythmic movement pattern. *Journal of Motor Behavior*, 24, 67-84.
- Shapiro, D.; Zernicke, R.F.; Gregor, R.J. y Diestel, J.D. (1981). Evidence for generalized motor programs using gait-pattern analysis. *Journal of Motor Behavior*, 24, 33-47.
- Shea, C.H.; Kohl, R. y Indermill, C. (1990). Contextual interference: Contributions of practice. *Acta Psychologica*, 73, 145-157.
- Shea, J.B. y Morgan, R.L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 170-187.
- Shea, J.B. y Zimny, S.T. (1983). Context effects in memory and learning movement information. En R.A. Magill (Ed.), *Memory and control of action* (345-366). Amsterdam.

## *BIBLIOGRAFIA*

---

- Singer, R. (1985). *Sport Psychology Today. VI Congreso Mundial de Psicología del Deporte*. Copenhague.
- 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 las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada.
- Southard, D. (1989). Changes in limb striking pattern: effects of speed and accuracy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 348-356.
- Southard, D.; Miracle, A. y Landwer, G. (1989). Ritual and free-throw shooting in basketball. *Journal of sports sciences*, 7(2), 163-173.
- Southard, D. y Miracle, A. (1993). Rhythmicity, ritual, and motor performance: a study of free throw shooting in basketball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64 (3) 284-290.
- Springate, D. (1986). The three-point shot: how can women make it count?. *Basketball Monthly*, 25 (6), 28-29.
- Stimpson, P. (1986). *Basketball: The Skills of the Game*. Crowood Press. London.
- Szymanski, F. (1967). A clinical analysis of the jump shot. *Scholastic Coach*, 37 (8-9), 59-61.
- Thomas, V. (1972). *Basketball Techniques*. Faber and Faber, London.
- Thorndike, E.L. (1931). *Human learning*. Appleton-Century.
- Tortosa, B. (1987). *Análisis cinemático tridimensional de imágenes captadas por dos cámaras cinematográficas*. Técnicas de Transformación Lineal



## BIBLIOGRAFIA

---

- Directa. Proyecto fin de carrera. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Toyoshima, S.; Hoshikawa, T.; y Ikegami, Y. (1985). Effects of initial ball velocity and angle of projection on accuracy in basketball shooting. In *Biomechanics VII-B* (Ed. H.Matsui y K.Kobayashi), 525-530. Human Kinetics. Champaign, IL.
- Tsarouchas, E.; Kalamaras, K.; Giavroglou, A. y Prassas, S. (1990). Biomechanical analysis of free shooting in basketball. *VI International Symposium on Biomechanics in Sports*, 551-560.
- Turvey, M.T. (1977). Preliminaires to a theory of action with referen to vision. En R. Shaw & J.Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing*. Hillsdale, N.J.:Erlbaum.
- Underwood, B.J. (1957). Interference and forgetting. *Psychological Review*, 64, 49-60.
- Vaugh, R.E., y Kozar, B. (1993). Intra-individual variability for basketball free throws. *XI International Symposium of Biomechanics in Sports*, 305-308.
- Vera, P. (1988). Técnicas biomecánicas para el análisis de los movimientos deportivos: estado actual y perspectivas. *Humanismo y nuevas tecnologías en la educación física y el deporte*. Actas del Congreso. Madrid. 235-243.
- Vittasalo, J.T. (1982). Anthropometric and physical performance characteristics of male volleyball players. *Canadian Journal Applied Sport Sciencie*, 7 (3), 182-188.
- Wallon, H. (1974). *La evolución psicológica del niño*. México. Grijalbo. (Edición original en francés, 1968).

## BIBLIOGRAFIA

---

- Walters, M.; Hudson, J.M. y Bird, M. (1990). Kinematics adjustments in basketball shooting at three distances. *Proceedings of the VIIIth International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*. Praga, 219-224.
- White, L. y Elliot, B.C. (1989). A comparison of the female jum shot technique for the two point and three point goals in basketball. *Sports Coach*, 12 (4), 33-35.
- Whitsett, C.E. (1963). Some dynamic response characteristics of weightless man. *AMRL Technical Report 63-18*. Wright-Patterson Air Force Base, OH.
- Wissel, H. (1994a). *Basketball: Steps to succes*. Human Kinetics. Champaign, IL.
- Wissel, H. (1994b). Shooting, a state of mind. *Scholastic coach*, 63 (6), 74-77.
- Wilson, V. y Kerr, G. (1991). Attentional style and basketball shooting. *Perceptual and motor skills*, 73, 1025-1026.
- Wilson, G.; Elliot, B. y Wood, G. (1990). The use of elastic energy in sport. *Sports Coach*, 13 (3), 8-10.
- Wood, G.A. y Jennings, L.S. (1979). On the use of spline functions for data smoothing. *Journal of Biomechanic*, 12, 477-479.
- Wood, G.A. y Marshall, R.N. (1986). The accuracy of DLT extrapolation in three-dimensional film analysis. *Journal of Biomechanics*, 19 (9), 781-785.
- Wright, E.J. (1967). Effects of light anf heavy equipment on acquisition of sport-type skills by young children. *Research Quarterly*, 38, 705-714.
- Wrisberg, C. y Ragsdale, M.R. (1979). Further tests of Schmidt's schema theory: development of a schema rule for a coincident timing task. *Journal of Motor Behavior*, 11, 159-166.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Wrisberg, C. y Pein, R.L. (1992). The preshot interval and free throw shooting accuracy: An exploratory investigation. *The Sport Psychologist*, 6, 14-23.
- Yates, G. y Holt, L.E. (1982). The development of multiple linear regression equations to predict accuracy in basketball jump shooting. *I International Symposium of Biomechanics in Sports*. 103-109.
- Yeadon, M.R. (1990). The simulation of aerial movement. *Journal of Biomechanics*, 23 (1), 59-90.
- Yu, B.; Koh, T.J. y Hay, J.G. (1993). A panning DLT procedure for three-dimensional videography. *Journal of Biomechanics*, 26 (6), 741-751.
- Zatsiorsky, V.M. (1990). In vivo body segment inertial parameters determination using a gamma-scanner method. *Biomechanics of human movement: applications in rehabilitation, sports and ergonomics*. (ed. por Berme, N. y Cappozzo, A.). 186-202. Bertec Corporation, Worthington, Ohio.
- Zelaznick, H.N. y Hahn, R. (1985). Reaction time methods in the study of motor programming: The precuing of hand, digit, and duration. *Journal of Motor Behavior*, 17, 190-218.

EXAMEN DE CONTROL DE LAS OPERACIONES

# ANEXOS

EXAMEN DE CONTROL DE LAS OPERACIONES  
DE LA RAMA DE COMERCIO

*ANEXO I. Hoja de control de los lanzamientos*

---

**HOJA DE CONTROL DE LOS LANZAMIENTOS**

SUJETO \_\_\_\_\_ TALLA \_\_\_\_\_ MASA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
EDAD \_\_\_\_\_ PUESTO \_\_\_\_\_ MANO DOMINANTE \_\_\_\_\_ CLUB \_\_\_\_\_  
EXPERIENCIA ACB \_\_\_\_\_ INTERNACIONAL \_\_\_\_\_ MEDIA PUNTOS A.C.B. \_\_\_\_\_  
DISTINTIVO \_\_\_\_\_

Nº DE LANZAMIENTO	CÁMARA 1	CAMARA 2	SIN OPOSICIÓN	CON OPOSICIÓN

F= LANZAMIENTO FALLADO  
C= LANZAMIENTO CONVERTIDO

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

---

```

/*****
Programa para el calculo de la Energia Cinetica de un jugador
de baloncesto. Hay que obtener el centro de masas de cada uno
de los segmentos para la energia de traslacion, y los momentos
de inercia para la energia de rotación (hay que saber masa y
longitud de las barras que forman el cuerpo humano)

*****/

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>

#define NMAXFOTOS 60 /* Número máximo de Fotogramas (la mitad reales) */
#define NMAXPUNTO 24 /* Número máximo de puntos digitalizados por foto */
#define NMAXMIEMB 16 /* Número de miembros,barras, que forma el cuerpo */

float const TIEMPO=0.02;
int N_Real_Foto;

/* Definición del tipo de estructuras globales utilizadas por el programa*/

struct estr_miembro
{
    float x1,y1,z1, /* Los miembros (brazo, pierna, cabeza...) son */
        x2,y2,z2; /* aproximados por barras.Hay que saber el inicio */
    /* y el final . */
};

struct estr_datos_miembro
{
    float masa,
        longitud,
        desv_tipica, /* Desviacion tipica de la longitud 2 */
        iexp, /* Momentos de inercia I (recordar  $I_x=I_y=1/12 m L^2$ ), e  $I_z=0$  en una varilla
        /* iteorica, c;

/* El centro de gravedad de la varilla. Como se observa hemos hecho una aproximación para
calcular la energia de traslación. La barra la hemos considerado uniforme, pero como se observa
por los coeficientes de localizacion del cdg, es una buena aproximación, excepto en la mano */;

struct estr_punto
{
    float x,y,z; /* Cada punto en el espacio tiene tres coordenadas */
};

```

*ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética*

---

```
struct estr_energia
```

```
{  
    float tra,rot_te,rot_ex;  
};
```

```
float Masa_Sujeto,Altura_Sujeto; /* Dos variables globales */
```

```
*****FUNCIONESDELPROGRAMA*****  
/*****
```

```
DEFINIR_MIEMBROS :
```

Con los datos digitalizados determina donde empieza y acaba cada miembro (brazo, pie, cabeza, tronco, etc.)

```
*****/
```

```
void Definir_miembros(struct estr_miembro miembro[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS],
```

```
struct estr_punto punto[NMAXPUNTO][NMAXFOTOS] )
```

```
{  
    int i;
```

```
/* Los miembros del cuerpo humano :
```

```
        *  
        | 14  
        *  
    4 *....* 10  
    / | \  
    * .|13. * 11  
    5/ | \  
    * * * * *  
    6 / \  
    /3 \  
    * *  
    |2 8 |  
    1| |7  
    *_* *_*
```

```
*/
```

```
for (i=1;i<NMAXFOTOS;i++)
```

```
for (i=1;i<N_Real_Foto;i++)
```

```
{
```

```
    miembro[1][i].x1=punto[2][i].x; miembro[1][i].x2=punto[1][i].x;  
    miembro[1][i].y1=punto[2][i].y; miembro[1][i].y2=punto[1][i].y;  
    miembro[1][i].z1=punto[2][i].z; miembro[1][i].z2=punto[1][i].z;
```

```
    miembro[2][i].x1=punto[4][i].x; miembro[2][i].x2=punto[3][i].x;  
    miembro[2][i].y1=punto[4][i].y; miembro[2][i].y2=punto[3][i].y;  
    miembro[2][i].z1=punto[4][i].z; miembro[2][i].z2=punto[3][i].z;
```

```
    miembro[3][i].x1=punto[5][i].x; miembro[3][i].x2=punto[4][i].x;  
    miembro[3][i].y1=punto[5][i].y; miembro[3][i].y2=punto[4][i].y;  
    miembro[3][i].z1=punto[5][i].z; miembro[3][i].z2=punto[4][i].z;
```

```
    miembro[13][i].x1=(punto[5][i].x+punto[14][i].x)/2.0;
```

```
    miembro[13][i].x2=(punto[6][i].x+punto[15][i].x)/2.0;
```

```
    miembro[13][i].y1=(punto[5][i].y+punto[14][i].y)/2.0;
```

```
    miembro[13][i].y2=(punto[6][i].y+punto[15][i].y)/2.0;
```

```
    miembro[13][i].z1=(punto[5][i].z+punto[14][i].z)/2.0;
```

```
    miembro[13][i].z2=(punto[6][i].z+punto[15][i].z)/2.0;
```

```
    miembro[14][i].x1=punto[21][i].x; miembro[14][i].x2=punto[20][i].x;  
    miembro[14][i].y1=punto[21][i].y; miembro[14][i].y2=punto[20][i].y;  
    miembro[14][i].z1=punto[21][i].z; miembro[14][i].z2=punto[20][i].z;
```

```
    miembro[4][i].x1=punto[6][i].x; miembro[4][i].x2=punto[7][i].x;  
    miembro[4][i].y1=punto[6][i].y; miembro[4][i].y2=punto[7][i].y;  
    miembro[4][i].z1=punto[6][i].z; miembro[4][i].z2=punto[7][i].z;
```

```
    miembro[5][i].x1=punto[7][i].x; miembro[5][i].x2=punto[8][i].x;  
    miembro[5][i].y1=punto[7][i].y; miembro[5][i].y2=punto[8][i].y;  
    miembro[5][i].z1=punto[7][i].z; miembro[5][i].z2=punto[8][i].z;
```

```
    miembro[6][i].x1=punto[8][i].x; miembro[6][i].x2=punto[9][i].x;  
    miembro[6][i].y1=punto[8][i].y; miembro[6][i].y2=punto[9][i].y;  
    miembro[6][i].z1=punto[8][i].z; miembro[6][i].z2=punto[9][i].z;
```

```
    miembro[10][i].x1=punto[15][i].x; miembro[10][i].x2=punto[16][i].x;  
    miembro[10][i].y1=punto[15][i].y; miembro[10][i].y2=punto[16][i].y;  
    miembro[10][i].z1=punto[15][i].z; miembro[10][i].z2=punto[16][i].z;
```

```
    miembro[11][i].x1=punto[16][i].x; miembro[11][i].x2=punto[17][i].x;  
    miembro[11][i].y1=punto[16][i].y; miembro[11][i].y2=punto[17][i].y;  
    miembro[11][i].z1=punto[16][i].z; miembro[11][i].z2=punto[17][i].z;
```



```
miembro[12][i].x1 = punto[17][i].x; miembro[12][i].x2 = punto[18][i].x;
miembro[12][i].y1 = punto[17][i].y; miembro[12][i].y2 = punto[18][i].y;
miembro[12][i].z1 = punto[17][i].z; miembro[12][i].z2 = punto[18][i].z;
```

```
miembro[9][i].x1 = punto[14][i].x; miembro[9][i].x2 = punto[13][i].x;
miembro[9][i].y1 = punto[14][i].y; miembro[9][i].y2 = punto[13][i].y;
miembro[9][i].z1 = punto[14][i].z; miembro[9][i].z2 = punto[13][i].z;
```

```
miembro[8][i].x1 = punto[13][i].x; miembro[8][i].x2 = punto[12][i].x;
miembro[8][i].y1 = punto[13][i].y; miembro[8][i].y2 = punto[12][i].y;
miembro[8][i].z1 = punto[13][i].z; miembro[8][i].z2 = punto[12][i].z;
```

```
miembro[7][i].x1 = punto[11][i].x; miembro[7][i].x2 = punto[10][i].x;
miembro[7][i].y1 = punto[11][i].y; miembro[7][i].y2 = punto[10][i].y;
miembro[7][i].z1 = punto[11][i].z; miembro[7][i].z2 = punto[10][i].z;
```

```
miembro[15][i].x1 = punto[23][i].x; miembro[15][i].x2 = punto[23][i].x;
miembro[15][i].y1 = punto[23][i].y; miembro[15][i].y2 = punto[23][i].y;
miembro[15][i].z1 = punto[23][i].z; miembro[15][i].z2 = punto[23][i].z;
```

```
}
```

```
/* Fin de la funcion*/
```

```
*****
```

```
CALCULAR_DATOS_MIEMBRO:
```

Una vez que se los puntos que delimitan cada miembro,  
necesito conocer:

- masa
- longitud
- desv\_tipica (de la longitud)
- ix (ix=iy para una barra, iz=0)
- xc,yc,zc (el cdg para E.C.Translacion)

Con estos datos ya podré calcular la Energ.Cinética

```
*****/
```

```
void Calcular_datos_miembros(struct estr_miembro miembro[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS],
```

```
struct estr_punto punto[NMAXPUNTO][NMAXFOTOS],
```

```
struct estr_datos_miembro dat_miembro[NMAXMIEMB])
```

```
{
```

```
int i,j;
float longitud_temporal[NMAXMIEMB];
float longitud_cada_foto[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS];
float tmp;
```

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

---

```
char ch;
/* Primero voy a calcular las longitudes de cada miembro */
for (i=1;i<N_Real_Foto;i++)
  for (j=1;j<NMAXMIEMB;j++)
  {
    dat_miembro[j].desv_tipica=0; /* Primero una inicializacion */
    dat_miembro[j].longitud=0;
  }
for (j=1;j<NMAXMIEMB;j++)
  for (longitud_temporal[j]=0,i=1;i<N_Real_Foto;i++)
  { longitud_temporal[j] += sqrt(
(miembro[j][i].x2-miembro[j][i].x1)*(miembro[j][i].x2-miembro[j][i].x1) +
(miembro[j][i].y2-miembro[j][i].y1)*(miembro[j][i].y2-miembro[j][i].y1) +
(miembro[j][i].z2-miembro[j][i].z1)*(miembro[j][i].z2-miembro[j][i].z1));
  }
  for (j=1;j<NMAXMIEMB;j++)
  {
    dat_miembro[j].longitud=longitud_temporal[j]/(1.0*N_Real_Foto);
  }
/* La media de la longitud de todos los fotogramas registrados */
}

/* Se supone que ambos tienen los dos pies, muslos, pantorillas, brazos
antebrazos y manos iguales */

dat_miembro[1].longitud=(dat_miembro[1].longitud+dat_miembro[7].longitud)/2.0;
dat_miembro[7].longitud= dat_miembro[1].longitud;

dat_miembro[2].longitud=(dat_miembro[2].longitud+dat_miembro[8].longitud)/2.0;
dat_miembro[8].longitud= dat_miembro[2].longitud;

dat_miembro[3].longitud=(dat_miembro[3].longitud+dat_miembro[9].longitud)/2.0;
dat_miembro[9].longitud= dat_miembro[3].longitud;

dat_miembro[4].longitud=(dat_miembro[4].longitud+dat_miembro[10].longitud)/2.0;
dat_miembro[10].longitud= dat_miembro[4].longitud;

dat_miembro[5].longitud=(dat_miembro[5].longitud+dat_miembro[11].longitud)/2.0;
dat_miembro[11].longitud= dat_miembro[5].longitud;

dat_miembro[6].longitud=(dat_miembro[6].longitud+dat_miembro[12].longitud)/2.0;
dat_miembro[12].longitud= dat_miembro[6].longitud;

/* Recordar los miembros del cuerpo humano :
```

*ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética*

---

```
dat_miembro[1].masa=Masa_Sujeto* 1.37/100.0; dat_miembro[1].c=44.15;
dat_miembro[7].masa=Masa_Sujeto* 1.37/100.0; dat_miembro[7].c=44.15;

dat_miembro[2].masa=Masa_Sujeto* 4.33/100.0; dat_miembro[2].c=45.54;
dat_miembro[8].masa=Masa_Sujeto* 4.33/100.0; dat_miembro[8].c=40.27;

dat_miembro[3].masa=Masa_Sujeto*14.17/100.0; dat_miembro[3].c=42.41;
dat_miembro[9].masa=Masa_Sujeto*14.17/100.0; dat_miembro[9].c=42.41;

dat_miembro[13].masa=Masa_Sujeto*43.46/100.0; dat_miembro[13].c=43.78;

dat_miembro[14].masa=Masa_Sujeto* 6.94/100.0; dat_miembro[14].c=40.27;

dat_miembro[4].masa=Masa_Sujeto* 2.71/100.0; dat_miembro[4].c=49.81;
dat_miembro[10].masa=Masa_Sujeto* 2.71/100.0; dat_miembro[10].c=49.81;

dat_miembro[5].masa=Masa_Sujeto* 1.62/100.0; dat_miembro[5].c=45.15;
dat_miembro[11].masa=Masa_Sujeto* 1.62/100.0; dat_miembro[11].c=45.15;

dat_miembro[6].masa=Masa_Sujeto* 0.61/100.0; dat_miembro[6].c=78.72;
dat_miembro[12].masa=Masa_Sujeto* 0.61/100.0; dat_miembro[12].c=78.72;

/* El balón */
dat_miembro[15].masa=0.5; dat_miembro[15].c=0;

printf("\n Longitud y Masa de cada uno de los miembros");
printf("\n
-----");
for (tmp=0,j=1;j<NMAXMIEMB-1;j++)
{
printf("\n
Miembro: %3dLong.: %9.4fMasa: %9.4f",j,dat_miembro[j].longitud,dat_miembro[j].masa);
tmp+=dat_miembro[j].masa;
}

printf("\n\t La masa total es = %9.1f \n",tmp);

printf("\n
");
printf("\n Pulsa una tecla para continuar ... ");
printf("\n
");
/* read a character from the
standard input stream */
ch = getc(stdin);

for (j=1;j<NMAXMIEMB-1;j++) /* Cálculo los momentos de inercia obtenidos
forma experimental. No pongo el balón. Masas --> 1/12 ML2 */
{
```

*ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética*

---

```
dat_miembro[j].iexp=dat_miembro[j].masa*dat_miembro[j].longitud*dat_miembro[j].longitud/  
12.0; }
```

/\* Los momentos de inercia teóricos obtenidos por J.Dapena 1978.  
Como son para un individuo de 74.2 kg y 1.755 m se utiliza la fórmula :

$$I_{\text{particular}} = I_w M S^2 / ( M' S'^2 )$$
$$74.2 * 1.755 * 1.755 = 228.5 \quad */$$

```
dat_miembro[1].iteorica=0.0038*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
dat_miembro[7].iteorica=0.0038*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[2].iteorica=0.0505*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
dat_miembro[8].iteorica=0.0505*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[3].iteorica=0.1052*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
dat_miembro[9].iteorica=0.1052*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[13].iteorica=1.3080*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[14].iteorica=0.0248*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[4].iteorica=0.0213*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
dat_miembro[10].iteorica=0.0213*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[5].iteorica=0.0076*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
dat_miembro[11].iteorica=0.0076*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
  
dat_miembro[6].iteorica=0.0005*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);  
dat_miembro[12].iteorica=0.0005*Masa_Sujeto*Altura_Sujeto*Altura_Sujeto/(228.5);
```

```
/* Fin de la funcion*/
```

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

```
/******  
CALCULAR_ENERGIAS  
  
Hay que calcular la energia de traslacion y rotacion.  
  
E= 1/2 m Vcm^2 + 1/2 Tr A' I A'^t  
  
*****/  
void Calcular_energias (struct estr_miembro miembro[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS],  
struct estr_punto punto[NMAXPUNTO][NMAXFOTOS],  
struct estr_datos_miembro dat_miembro[NMAXMIEMB],  
struct estr_energia energia[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS],  
FILE *fp_out)  
{  
    char ch;  
    int i,j;  
    int k;  
    float xc_now,xc_ant,  
          yc_now,yc_ant,  
          zc_now,zc_ant;  
  
    float velocidad,  
          u1_ahora,u2_ahora,u3_ahora,  
          u1_antes,u2_antes,u3_antes,  
          v1_ahora,v2_ahora,v3_ahora,  
          v1_antes,v2_antes,v3_antes,  
          w1_ahora,w2_ahora,w3_ahora,  
          w1_antes,w2_antes,w3_antes;  
  
    float modulo;  
    float w1_der,w2_der,w3_der,  
          u1_der,u2_der,u3_der,  
          v1_der,v2_der,v3_der;  
  
    for (i=2;i<N_Real_Foto;i++)  
        for (j=1;j<NMAXMIEMB;j++)  
            {  
xc_now=miembro[j][i].x1 +(miembro[j][i].x2 -miembro[j][i].x1 )*dat_miembro[j].c/100.0;  
xc_ant=miembro[j][i-1].x1 +(miembro[j][i-1].x2-miembro[j][i-1].x1)*dat_miembro[j].c/100.0;  
yc_now=miembro[j][i].y1 +(miembro[j][i].y2 -miembro[j][i].y1 )*dat_miembro[j].c/100.0;  
yc_ant=miembro[j][i-1].y1 +(miembro[j][i-1].y2-miembro[j][i-1].y1)*dat_miembro[j].c/100.0;  
zc_now=miembro[j][i].z1 +(miembro[j][i].z2 -miembro[j][i].z1 )*dat_miembro[j].c/100.0;  
zc_ant=miembro[j][i-1].z1 +(miembro[j][i-1].z2-miembro[j][i-1].z1)*dat_miembro[j].c/100.0;  
velocidad=((xc_now-xc_ant)*(xc_now-xc_ant)+(yc_now-yc_ant)*(yc_now-yc_ant)+  
(zc_now-zc_ant)*(zc_now-zc_ant))/(TIEMPO*TIEMPO);  
            }  
}
```

*ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética*

---

```
/* Esta es la V^2*/
    energia[j][i].tra=0.5*dat_miembro[j].masa*velocidad;
}
/*****/

for (i=2;i<N_Real_Foto;i++)
    for (j=1;j<NMAXMIEMB-1;j++) /* No hago E.Rot del balon */
    {
        u1_ahora=miembro[j][i].x2-miembro[j][i].x1;
        u2_ahora=miembro[j][i].y2-miembro[j][i].y1;
        u3_ahora=miembro[j][i].z2-miembro[j][i].z1;
        modulo=sqrt(u1_ahora*u1_ahora+u2_ahora*u2_ahora+u3_ahora*u3_ahora);
        u1_ahora=u1_ahora/modulo;
        u2_ahora=u2_ahora/modulo;
        u3_ahora=u3_ahora/modulo;

        v1_ahora=-u2_ahora/u1_ahora;
        v2_ahora=1;
        v3_ahora=0;
        modulo=sqrt(v1_ahora*v1_ahora+v2_ahora*v2_ahora+v3_ahora*v3_ahora);
        v1_ahora=v1_ahora/modulo;
        v2_ahora=v2_ahora/modulo;
        v3_ahora=v3_ahora/modulo;

        w1_ahora=v2_ahora*u3_ahora;
        w2_ahora=v1_ahora*u2_ahora-v1_ahora*u3_ahora;
        w3_ahora=-v2_ahora*u1_ahora;
        modulo=sqrt(w1_ahora*w1_ahora+w2_ahora*w2_ahora+w3_ahora*w3_ahora);
        w1_ahora=w1_ahora/modulo;
        w2_ahora=w2_ahora/modulo;
        w3_ahora=w3_ahora/modulo;

        /* Y en un instante anterior */
        u1_antes=miembro[j][i-1].x2-miembro[j][i-1].x1;
        u2_antes=miembro[j][i-1].y2-miembro[j][i-1].y1;
        u3_antes=miembro[j][i-1].z2-miembro[j][i-1].z1;
        modulo=sqrt(u1_antes*u1_antes+u2_antes*u2_antes+u3_antes*u3_antes);
        u1_antes=u1_antes/modulo;
        u2_antes=u2_antes/modulo;
        u3_antes=u3_antes/modulo;

        v1_antes=-u2_antes/u1_antes;
        v2_antes=1;
        v3_antes=0;
        modulo=sqrt(v1_antes*v1_antes+v2_antes*v2_antes+v3_antes*v3_antes);
        v1_antes=v1_antes/modulo;
        v2_antes=v2_antes/modulo;
        v3_antes=v3_antes/modulo;
```

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

```
w1_antes=v2_antes*u3_antes;
w2_antes=v1_antes*u2_antes-v1_antes*u3_antes;
w3_antes=-v2_antes*u1_antes;
modulo=sqrt(w1_antes*w1_antes+ w2_antes*w2_antes+ w3_antes*w3_antes);
w1_antes=w1_antes/modulo;
w2_antes=w2_antes/modulo;
w3_antes=w3_antes/modulo;

w1_der=(w1_ahora-w1_antes)/TIEMPO;
w2_der=(w2_ahora-w2_antes)/TIEMPO;
w3_der=(w3_ahora-w3_antes)/TIEMPO;

u1_der=(u1_ahora-u1_antes)/TIEMPO;
u2_der=(u2_ahora-u2_antes)/TIEMPO;
u3_der=(u3_ahora-u3_antes)/TIEMPO;

v1_der=(v1_ahora-v1_antes)/TIEMPO;
v2_der=(v2_ahora-v2_antes)/TIEMPO;
v3_der=(v3_ahora-v3_antes)/TIEMPO;

energia[j][i].rot_ex=0.5*dat_miembro[j].iexp*(w3_der*w3_der+u3_der*u3_der+v3_der*v3_der);

energia[j][i].rot_te=0.5*dat_miembro[j].iteorica*(w3_der*w3_der+u3_der*u3_der+v3_der*v3_der);

energia[NMAXMIEMB-1][i].rot_te=0; /* La del balon */

}

/* fprintf(fp_out, "\n # Energia.tra Ener_rot.teo Ener_TOTAL \n");*/
/* Hago un filtro de orden 4. Se denomina tambien promedio movil 4 */
for (i=2;i<N_Real_Foto-3;i++)
    for (j=1;j<NMAXMIEMB;j++)
        {
            energia[j][i].tra =(energia[j][i].tra +energia[j][i+1].tra +energia[j][i+2].tra
+energia[j][i+3].tra )/4.0;

energia[j][i].rot_te=(energia[j][i].rot_te+energia[j][i+1].rot_te+energia[j][i+2].rot_te+energia[j][i+3].rot_te)/4.0;

energia[j][i].rot_ex=(energia[j][i].rot_ex+energia[j][i+1].rot_ex+energia[j][i+2].rot_ex+energia[j][i+3].rot_ex)/4.0;
        }

for (i=N_Real_Foto-1;i>=N_Real_Foto-3;i--)
    for (j=1;j<NMAXMIEMB;j++)
        {
```





## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

---

```
void Leer_fichero(struct estr_punto punto[NMAXPUNTO][NMAXFOTOS], char fichero_in[80],
int *N_Real_Foto)

{
FILE *fp_in;
int i,j,k;
float tmp;

if ((fp_in=fopen(fichero_in,"rt"))==NULL)
    { printf("\n Error fichero %s",fichero_in);
      exit(1);
    }
fscanf(fp_in, "%d,%f,%f",&i,&tmp,&tmp);*N_Real_Foto=i/2;
if (*N_Real_Foto>59) *N_Real_Foto=59; /* Maxima dimension de la matriz */

for (k=0,i=1;i<*N_Real_Foto;i++)
    {
    for (j=1;j<NMAXPUNTO;j++)
        {
            k++;
            fscanf(fp_in, "%f %f %f
%f",&punto[j][i].x,&punto[j][i].y,&punto[j][i].z);
            /* printf("\n %3d %2d %2d %f %f %f
",k,j,i,punto[j][i].x,punto[j][i].y,punto[j][i].z);*/
            /* Leo de dos en dos para ser más exactos
            ya que el punto intermedio ha sido calculado
            mediante interpolacion */
        }
    for (j=1;j<NMAXPUNTO;j++)
        fscanf(fp_in, "%f %f %f",&tmp,&tmp,&tmp);
    }
fclose(fp_in);
}

/*****
*****
***** MODULO PRINCIPAL *****/
/*****
*****/

int main(int argc, char *argv[])
{

struct estr_miembro miembro[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS];

/* Almaceno cada miembro de cada fotograma*/
struct estr_datos_miembro dat_miembro[NMAXMIEMB];
```

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

```
/* Datos de cada miembro en general */
struct estr_punto punto[NMAXPUNTO][NMAXFOTOS];

/* Los 23 puntos de cada fotograma */
struct estr_energia energia[NMAXMIEMB][NMAXFOTOS];

/* Voy a almacenar la ECTra. y ECRot. en
cada fotograma de cada miembro */

int i,j,k;
char fichero_in[80],fichero_out[80];
FILE *fp_out;
float tmp,tmp1,tmp2;

p r i n t f ( " \n " );
printf("\n Autor: F.JAVIER ROJAS RUIZ ");
printf("\n Programa para el cálculo de la Energía cinética de un ");
printf("\n jugador de baloncesto al realizar el movimiento de tiro");
printf("\n a canasta. Se almacenan en fichero de salida la energia");
printf("\n cinética de traslacion y rotacion de cada uno de los ");
printf("\n miembros, durante el tiempo de lanzamiento. ");
printf("\n Los datos que me tienes que dar son : \n\n ");
printf("\n 1.- Nombre del fichero de entrada (tiene los datos del tiro) ");
printf("\n 2.- Nombre del fichero de salida ");
printf("\n 3.- Masa del Sujeto (Kg) ");
printf("\n 4.- Altura del Sujeto (m) ");
printf("\n\t\t Este fichero de salida tendrá 46 columnas (14 miembros x 3)");
printf("\n\t\t y las n°filas=Fotogramas. Guarda la E.C.T. y Rotacion y la\n");
printf("\n\t\t Energía Cinética Total. La primera columna es el tiempo \n\n");
printf("\n Ejemplo : C:\> ENERGIA FICH.C3D SALIDA.EC 90 1.95 \n");

p r i n t f ( " \n " );

if (argc!=5)
{
printf("\n NO HAS DADO EL NUMERO CORRECTO DE PARAMETROS
!!");
exit(1);
}
strcpy(fichero_in ,*+ +argv);
strcpy(fichero_out,*+ +argv);
Masa_Sujeto =atof(*+ +argv);
Altura_Sujeto=atof(*+ +argv);

Leer_fichero(punto,fichero_in,&N_Real_Foto);
```

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

---

```
Definir_miembros(miembro,punto);
Calcular_datos_miembros(miembro,punto,dat_miembro);
Ver_Diferencias_I_inercia(dat_miembro);

if ((fp_out=fopen(fichero_out,"wt"))==NULL)
    { printf("\n Error fichero %s",fichero_out);
      exit(1);
    }

Calcular_energias(miembro,punto,dat_miembro,energia,fp_out);
fclose(fp_out);
/* Para que directamente el programa GNUPLOT pueda verlo, aunque esto lo voy a realizar
despues con MATLAB

if ((fp_out=fopen("salida.gnu","wt"))==NULL)
    { printf("\n Error fichero %s",fichero_out);
      exit(1);
    }
fprintf(fp_out,"\n plot \"%s\" u 1:4 title \"pie_i\" w l, \"%s\" u 1:43 title \"pie_d\" w
l",fichero_out,fichero_out);
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out,"\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out,"\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out,"\n pause");

fprintf(fp_out,"\n plot \"%s\" u 1:7 title \"pantor_i\" w l,\"%s\" u 1:40 title \"pantor_d\" w
l",fichero_out,fichero_out);
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out,"\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out,"\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out,"\n pause");

fprintf(fp_out,"\n plot \"%s\" u 1:10 title \"mus_i\" w l, \"%s\" u 1:37 title \"mus_d\" w
l",fichero_out,fichero_out);
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out,"\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out,"\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out,"\n pause");

fprintf(fp_out,"\n plot \"%s\" u 1:13 title \"tronco\" w l,\"%s\" u 1:16 title \"cabeza\" w
l",fichero_out,fichero_out);
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out,"\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out,"\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out,"\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out,"\n pause");
```

## ANEXO II: Programa de análisis de la energía cinética

---

```
fprintf(fp_out, "\n plot \"%s\" u 1:19 title \"brazo_i\" w l, \"%s\" u 1:28 title \"brazo_d\" w
l", fichero_out, fichero_out);
fprintf(fp_out, "\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out, "\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out, "\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out, "\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out, "\n pause");

fprintf(fp_out, "\n plot \"%s\" u 1:22 title \"ant_br_i\" w l, \"%s\" u 1:31 title \"ant_br_d\" w
l", fichero_out, fichero_out);
fprintf(fp_out, "\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out, "\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out, "\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out, "\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out, "\n pause");

fprintf(fp_out, "\n plot \"%s\" u 1:25 title \"mano_i\" w l, \"%s\" u 1:34 title \"mano_d\" w
l", fichero_out, fichero_out);
fprintf(fp_out, "\n xlabel \"TIEMPO \");
fprintf(fp_out, "\n ylabel \"ENERGIA (J)\");
fprintf(fp_out, "\n title \"ENERGIA CINETICA\");
fprintf(fp_out, "\n xlabel \"TIEMPO\");
fprintf(fp_out, "\n pause");
fclose(fp_out);

system("gnu salida.gnu");
*/

printf("\n Final del programa");
return(0);
}
```