

**DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO
PARA EL ENTRENAMIENTO DE HABILIDADES
MOTORAS ABIERTAS.
APLICACIÓN AL ENTRENAMIENTO DEL RESTO
EN TENIS**

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

PROGRAMA:
MOTRICIDAD HUMANA. APRENDIZAJE Y ALTO RENDIMIENTO

TESIS DOCTORAL

Autor: FRANCISCO JAVIER MORENO HERNÁNDEZ

Director: ANTONIO OÑA SICILIA

AGRADECIMIENTOS

A mi director, el Prof. Dr. D. Antonio Oña Sicilia, porque esta Tesis también es fruto de su trabajo, orientación y colaboración constante.

A los profesores Dr. D. Marcos Gutiérrez y Dr. D. Victor Soto por su orientación en el campo de la Biomecánica.

A D. Francisco García por su apoyo no sólo en el ámbito tecnológico sino en el plano humano, le debo gran parte de la realización de esta Tesis.

A D. Fernando Martín por su ayuda en la aplicación al deporte del Tenis.

A los profesores Dr. D. Manuel Martínez y Dr. D. David Cárdenas por su colaboración en la fase experimental.

A D. Javier Rojas por su colaboración y predisposición continua.

A D. Jesús Damas, por su aportación en la gestación del proyecto.

A los deportistas que tan amablemente colaboraron.

A mi familia, que siempre confiaron en mi capacidad y me han llevado hasta aquí.

Y a Eva.

- ÍNDICE -

0. PRESENTACIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 INTRODUCCIÓN AL COMPORTAMIENTO MOTOR	5
1.1.1 Aproximación conceptual al comportamiento motor	5
1.1.2 Modelos explicativos del control del movimiento	11
1.2 ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS	15
1.2.1 Definición de habilidad motora	15
1.2.2 Clasificación de las habilidades motoras	18
1.2.3 Definición de habilidades motoras abiertas	21
1.2.4 Variables que afectan al aprendizaje de las habilidades motoras abiertas	25
1.3 EL CONTROL DE LA INFORMACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO DE LAS HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS.....	29
1.3.1 Modelos explicativos del procesamiento de la información	29
1.3.2 Características de la información en el aprendizaje de habilidades deportivas	31
1.3.3 La información inicial	34
1.3.4 La retroalimentación o feedback	35
1.3.5 La administración de la información como entrenamiento de las HMA	39
1.3.6 La automatización del control de la información	42
1.4 LA RESPUESTA DE REACCIÓN	45
1.4.1 Componentes temporales de la respuesta de reacción	45
1.4.2 Variables que afectan al tiempo de reacción	47
1.4.3 Las situaciones de reacción específicas en habilidades motoras abiertas	50
1.4.4 Sistemas automatizados para el registro y el entrenamiento de la respuesta de reacción	51
1.5 LA ANTICIPACIÓN.....	54
1.5.1 Consideraciones sobre la atención	55
1.5.2 Modalidades de anticipación	58
1.5.3 Consideraciones a la técnica de preíndices en la anticipación espacial	60
1.5.4 Soluciones tecnológicas para la detección de preíndices	62

1.6 INTRODUCCIÓN A LAS HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS EN TENIS.....	64
1.6.1 Las habilidades motoras abiertas en tenis	64
1.6.2 El resto como habilidad abierta	66
1.7 OBJETIVOS.....	69
2. ANÁLISIS DEL SAQUE EN TENIS PARA LA DETERMINACIÓN DE PREÍNDICES.....	71
2.1 INTRODUCCIÓN	72
2.2 MÉTODO	75
2.3 RESULTADOS.....	78
2.4 CONCLUSIONES SOBRE LOS PREÍNDICES SIGNIFICATIVOS.....	86
3. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ENTRENAMIENTO DE HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS.....	89
3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS ASISTIDOS POR ORDENADOR.....	90
3.2 APROXIMACIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS BASADOS EN EL CONTROL DE LA INFORMACIÓN	91
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA.....	93
3.3.1 Lógica del sistema automatizado en su conjunto.....	93
3.3.2 Descripción del soporte físico.....	100
3.3.3 Descripción del soporte lógico.....	108
3.3.4 Relaciones de interdependencia entre los sistemas del soporte lógico.....	122
3.4 ESTUDIO DE LA VALIDEZ DEL SISTEMA.....	124
4. MÉTODO	125
4.1 SUJETOS.....	126
4.2 INSTRUMENTAL.....	126
4.3 DISEÑO	126

4.3.1 Definición de las variables	127
4.4 PROCEDIMIENTO	129
5. RESULTADOS.....	133
5.1 SUJETO 1.....	134
5.2 SUJETO 2.....	150
5.3 SUJETO 3.....	166
5.4 SUJETO 4.....	180
5.5 SUJETO 5.....	194
5.6 SUJETO 6.....	208
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	223
6.1 SOBRE EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE LA INFORMACIÓN APLICADO HACIA HABILIDADES ABIERTAS.....	224
6.2 EL SISTEMA DE SIMULACIÓN ASISTIDO POR COMPUTADORA	225
6.3 SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE LA RESPUESTA DE REACCIÓN BASADA EN EL ANÁLISIS DE PREÍNDICES	226
6.3.1 Sobre la detección de los preíndices.....	226
6.3.2 Parámetros temporales	227
6.3.3 Eficacia de la respuesta	229
6.4 CONCLUSIONES	230
6.5 MEJORAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO	231
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	233
8. ANEXOS	246

0. PRESENTACIÓN

La presente tesis doctoral es el resultado del trabajo procedente de una de las líneas experimentales del Grupo de Investigación "Análisis del Movimiento Humano": *el desarrollo de sistemas automatizados de control de la información*. Concretamente, trata de profundizar sobre sistemas ya desarrollados anteriormente por este grupo e introducir nuevos elementos que mejoren sus prestaciones. Este trabajo supone un avance tecnológico en el entrenamiento de gestos deportivos a tres niveles:

- ampliando el campo de estudio hacia deportes de gesto abierto.
- mejorando las características de la presentación de estímulos hacia la simulación de situaciones deportivas.
- aportando información relevante para optimizar el proceso de toma de decisiones y el feedback preciso a partir de la respuesta del deportista.

De esta forma, podríamos resumir en dos los fines de esta tesis:

- 1 Desarrollar un sistema computarizado de registro de la respuesta motora de reacción de elección aplicando el software específico y el instrumental necesario para permitir la simulación deportiva a través de emisión de señales visuales y sonoras que se aproximen al juego real.

- 2 Elevar la eficacia deportiva ante situaciones de juego real en aquellas acciones entrenadas, reflejándose en la mejora del tiempo invertido y la precisión del gesto motor, y así, comprobar la efectividad de un tratamiento de estrategias de anticipación asociado al sistema automatizado propuesto.

Estos dos fines reúnen de manera condensada los aspectos más relevantes que afectan a la presente tesis doctoral. Para ilustrar lo más adecuadamente posible éstos y otros aspectos importantes, trataremos de fragmentar la exposición fundamentando los

conceptos y reflejando la situación actual de los conocimientos que afectan a los objetivos propuestos.

Comenzaremos la explicitación del problema introduciendo el concepto de comportamiento motor y los sistemas de procesamiento de la información en los que nos basamos. Posteriormente analizaremos la definición de habilidades deportivas abiertas y las variables que afectan a su aprendizaje.

El control de la información ocupa un papel protagonista en el proceso de aprendizaje de las habilidades motoras y, de este modo, merece que le prestemos especial atención resaltando los tipos de información que se le puede facilitar al deportista, el formato de ésta y las diferentes estrategias de administración. Actualmente los sistemas automatizados de control de la información nos permiten seleccionar, manipular y regular la información a la que accede el deportista con mayor precisión y objetividad.

Dado que todo el procedimiento se orienta hacia la mejora de la respuesta de reacción en situaciones de elección, debemos incidir sobre los parámetros temporales de dicha respuesta de reacción. Observaremos los procesos de anticipación para la reducción de estos tiempos, estudiaremos las estrategias de anticipación espacial basadas en el análisis de preíndices y las soluciones tecnológicas que desarrollamos para la localización de aquellos preíndices significativos para el deportista.

Todo esto lo hemos aplicado al entrenamiento de una habilidad abierta concreta. Esta es la devolución del saque en tenis, el resto, que reúne las características apropiadas de un gesto deportivo abierto, que permite el estudio y análisis de preíndices y que ha sido objeto de entrenamiento en laboratorio a través de un sistema computerizado de simulación basado en el control de la información y la presentación de estímulos complejos similares a la situación real.

Por todo ello hay un capítulo exclusivamente dedicado al protocolo utilizado para el análisis de los preíndices del saque en tenis. Reúne las conclusiones obtenidas al respecto y es de especial interés en el proceso de entrenamiento.

Antes de entrar en detalles del método experimental de esta tesis doctoral, encontraremos un capítulo que trata de describir el sistema automatizado para el entrenamiento de habilidades motoras abiertas basado en sistemas básicos de simulación. Por una parte introducimos los conceptos claves, nos aproximamos a la situación actual y describimos las características de la tecnología desarrollada. Resumimos una trayectoria de trabajo en la búsqueda de sistemas y herramientas de entrenamiento cada vez más precisas y objetivas y que se ha orientado hacia la simulación de gestos deportivos.

Una vez aproximado a las teorías y los conceptos sobre los que se asienta esta tesis, localizado el objeto de estudio, descrito el protocolo de análisis de preíndices y descrito y subrayado la tecnología desarrollada, nos quedará por exponer el núcleo del trabajo. Expondremos el método precisando la situación experimental y el procedimiento seguido para el tratamiento. Observaremos los resultados obtenidos después de aplicar sobre varios deportistas el diseño estipulado. Y abordaremos las conclusiones que surjan discutiendo éstas desde la perspectiva que aportan trabajos anteriores y proponiendo las posibles mejoras sobre el sistema y sobre el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas mediante sistemas automatizados de control de la información.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN AL COMPORTAMIENTO MOTOR

1.1.1 Aproximación conceptual al comportamiento motor

Esta tesis doctoral tratará de profundizar sobre el entrenamiento de gestos deportivos, de habilidades motoras, por lo tanto debemos situar el punto de partida de este estudio en el comportamiento motor y resaltar así el marco conceptual dentro del cual nos moveremos.

El concepto de comportamiento está recogido por la psicología situándolo como su objeto de estudio. Así Watson (1930) lo definiría como *aquello que un organismo hace o dice*, dando un aspecto amplio a su significado. Una definición más funcional fue la recogida de Thorndike (1931) y Hull (1943) en la que se entiende el comportamiento *como la interacción entre el organismo y el medio* donde se desenvuelve (Figura 1.1). Así, se considera al individuo como un elemento en continua relación con su entorno, que con su comportamiento modifica aquello que le rodea y esas modificaciones, a su vez, pueden determinar su comportamiento posterior. De esta forma, podríamos decir que el organismo y el medio se constituyen mutuamente (Wallon, 1968) y para estudiar el comportamiento humano deberíamos observar las alteraciones que se producen en su entorno.

Dentro del comportamiento, como estructura, observamos dos niveles de estudio: *fenómenos observables*, aquellos que son palpables como la longitud de un salto o el volumen de voz, y *patrones o procesos específicos* también denominado como *estructura cognitiva* que son aquellos procesos que organizan y unifican el conjunto heterogéneo de fenómenos observables (Oña, 1994).

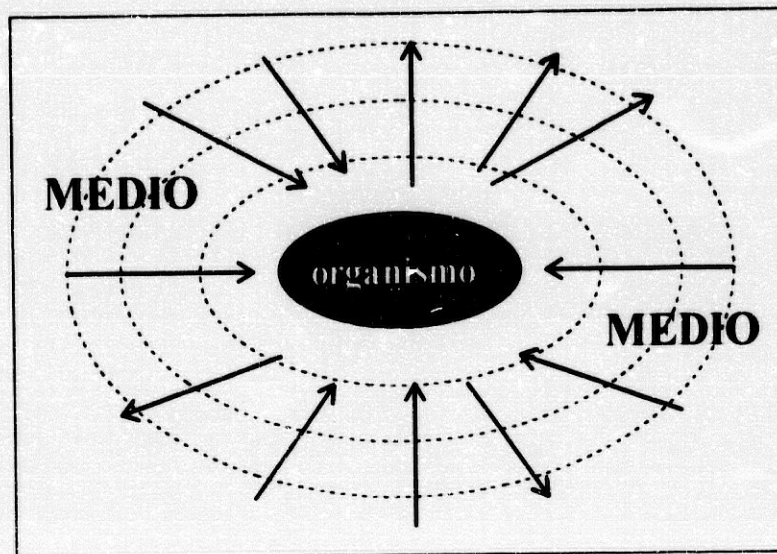


Figura 1.1: Interacción organismo/medio

Dentro del primer nivel observamos tres dimensiones de respuesta

- a) motora
- b) verbal
- c) psicofisiológica

Estas tres dimensiones pueden aparecer integradas, una respuesta motora suele tener una asociación psicofisiológica, y una conducta verbal necesita de la participación motora. Dentro de esto, nos interesaremos por la respuesta y por el comportamiento que tenga una predominante motora, es decir, el movimiento. Y de esta forma se define *Comportamiento Motor* como el estudio científico bajo la perspectiva psicológica del movimiento humano (Oña, 1990).

Dentro de las ciencias o disciplinas que tienen como objeto de estudio la motricidad encontramos el Comportamiento Motor (Figura 1.2). De la misma forma que la perspectiva básica de la Física tiene aplicaciones en el área de la Biomecánica o la Cineantropometría aplicadas al movimiento humano, el Comportamiento Motor lo encuadraríamos como un área especial de la Psicología dentro del ámbito de estudio de la motricidad humana (Gutiérrez, Oña & Santamaría, 1988)

Siguiendo a Singer (1985), el Comportamiento Motor está constituido por dos áreas: *Control Motor* y *Aprendizaje Motor*, a las que se les suele unir una tercera, el *Desarrollo Motor* (Figura 1.3).



Figura 1.2: Organización de las Ciencias de la Motricidad

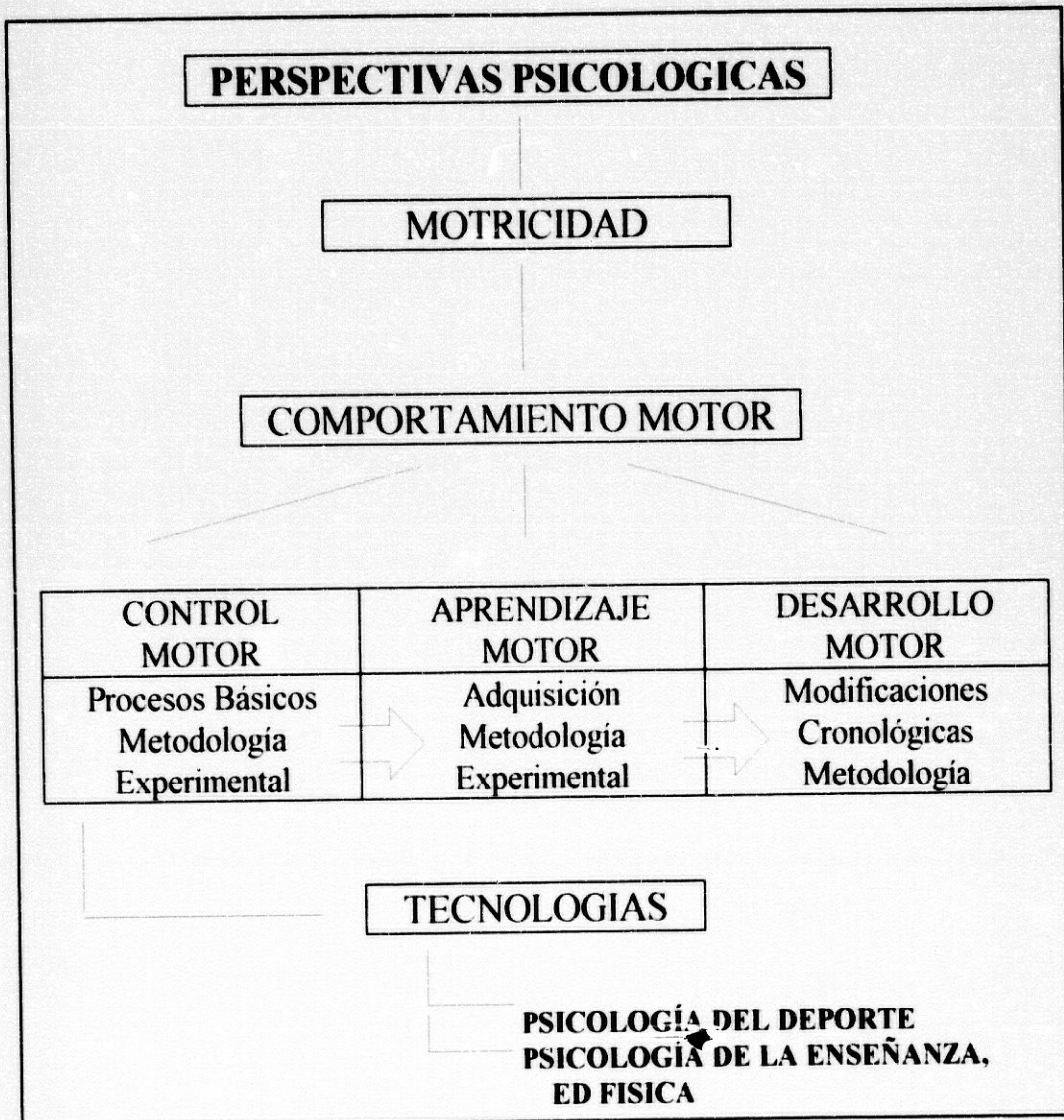


Figura 1.3: Áreas Aplicadas del Comportamiento Motor

Las tres áreas están diferenciadas básicamente en dos aspectos: a) por su objeto de estudio y b) por la metodología de investigación

El Control Motor se ocupa de los procesos básicos del movimiento, de los procesos de recepción y procesamiento de la información. Merece una especial mención ya que el conocimiento y sobre todo el asentamiento de esta disciplina es muy reciente por desconocida en muchos ámbitos de la motricidad. La aproximación a este ámbito ha llegado desde dos líneas fundamentales, la línea neurofisiológica y la línea psicológica,

que hasta 1970 caminaron juntas. Los máximos representantes de la primera fueron, entre otros, C. Sherrington (1857-1952) que tuvo una gran influencia a partir de sus estudios sobre reflejos o N.A. Bernstein (1897-1966), de la escuela soviética, que complementaban nociones neurofisiológicas, comportamentales y biomecánicas en el estudio de la marcha y la locomoción primaria. La línea comportamental ha orientado esta tesis y ha tomado como base una de las primeras leyes desarrolladas en el ámbito del comportamiento, la ley de Hick, que relaciona el tiempo de reacción y el número de estímulos. Otro de los representantes sobre el que nos apoyaremos es Henry (1904-) y su modelo de programa motor (Snyder & Abernethy, 1992).

El Aprendizaje Motor como tal aprendizaje supone un proceso de modificación de conducta, un cambio estable como consecuencia de la práctica, y en nuestro caso las conductas modificadas son motoras (Magill, 1993). El Aprendizaje Motor se ocupará por tanto de la adquisición de habilidades motrices. Considerando el organismo como un sistema de procesamiento de la información, la práctica sería un proceso de control y manipulación de la información con objeto de producir la modificación de la conducta motora (Schmidt, 1988).

Podemos considerar que el objeto de estudio del Desarrollo Motor son las modificaciones en la motricidad del individuo a lo largo de la vida. Pero la mayor diferencia entre este área aplicada y las dos anteriores estriba en el segundo factor que comentábamos anteriormente, la metodología de la investigación. Mientras tanto el Control como el Aprendizaje Motor parten de una metodología experimental, el Desarrollo Motor se basa de forma predominante en el análisis descriptivo y observacional (Oña, 1987).

Para esta tesis doctoral se ha partido desde esta perspectiva del Comportamiento Motor, del Aprendizaje y de los elementos básicos del Control para desarrollar un sistema automatizado que, por medio del control de la información, permita la adquisición o perfeccionamiento de habilidades motoras en un contexto abierto. Pero para comprender con claridad los objetivos del trabajo realizado creemos conveniente abordar las bases explicativas del procesamiento, esto es, los niveles no visibles del comportamiento y que afectan a la conducta motora.

1.1.2 Modelos explicativos del control del movimiento

Partiendo de la relación funcional entre medio y organismo, el entorno y sus variaciones suponen el estímulo hacia el organismo, que recibe esa información y articula los sistemas y procesos para elaborar una respuesta, una respuesta que, como hemos visto, vuelve a modificar su alrededor y a sí mismo provocando nuevos estímulos y nueva información que vuelve a él. Esta retroalimentación es a lo que llamamos feedback, y de esta forma concebimos al sujeto como un *sistema de procesamiento de la información* autorregulado a través del feedback (Wiener, 1948). Dentro de este procesamiento de la información tendrían cabida todos aquellos elementos de la estructura cognitiva desde la sensación a través de los sentidos y su reconocimiento por la percepción, pasando por los sistemas de memoria, pensamiento y elaboración de estrategias y programas. Y se incluiría la estructura de activación, la emoción como un proceso que interactúa con la estructura cognitiva (Oña, 1994).

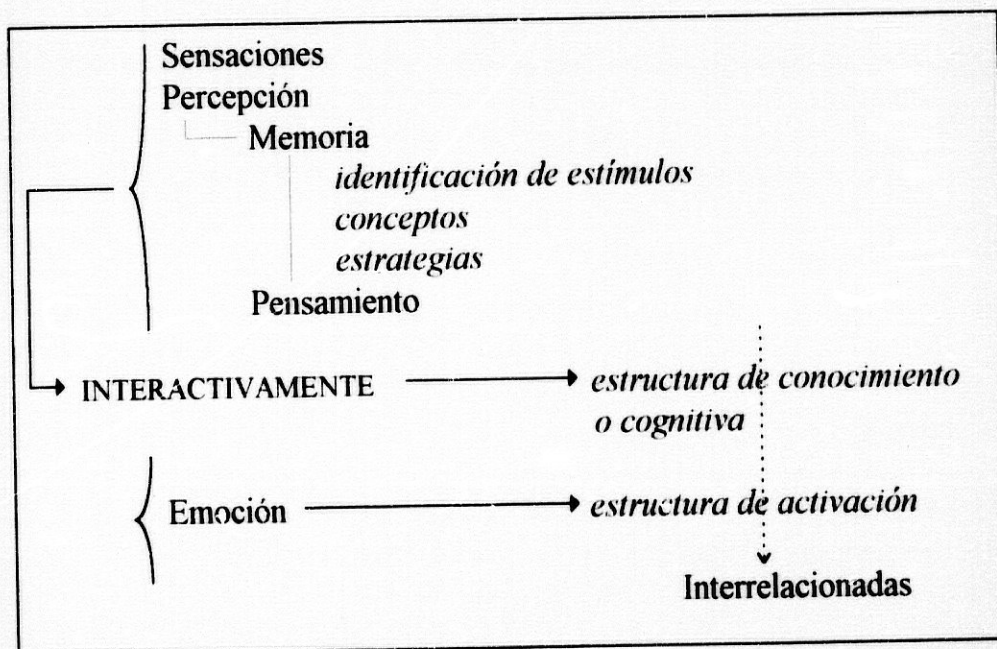


Figura 1.4: Esquema de las estructuras del comportamiento

El organismo así considerado se podría estructurar como un mecanismo de entrada y salida de información. Entrada (input) de información aportada por el medio, estímulos que son recibidos para su procesamiento. Y salida (output) concebida como modificaciones en el medio, como las alteraciones que provocamos a nuestro alrededor o en nuestro propio cuerpo (Figura 1.5). Entre ambos, entrada y salida, el organismo procesa esta información identificando las sensaciones, seleccionando los estímulos relevantes, buscando en memoria patrones estimulares y de respuesta y programando la respuesta adecuada.

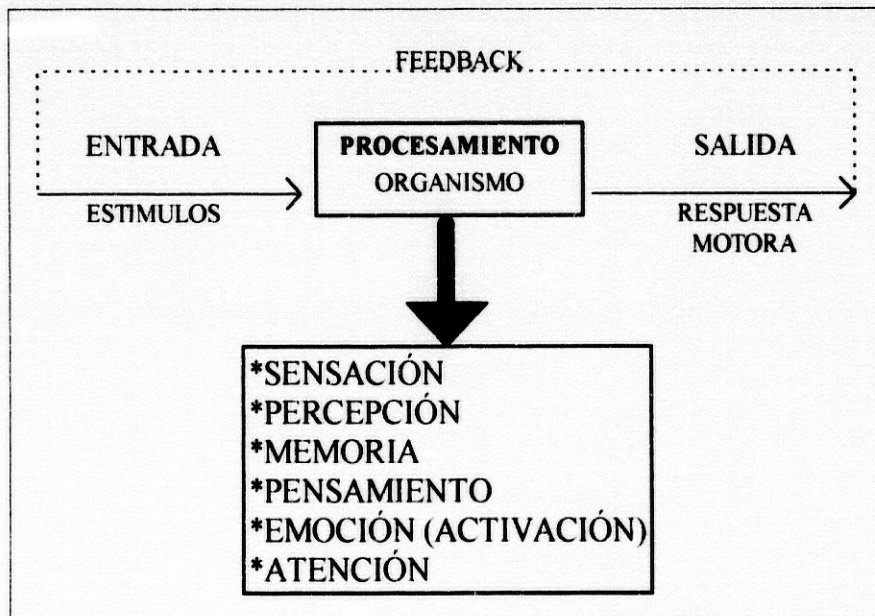


Figura 1.5: Esquema de procesamiento de la información

Sobre este esquema general del comportamiento se han desarrollado diferentes explicaciones. Una de las más ilustrativas es la teoría de Donders (1968) a través de su *método sustractivo*, donde considera tres estadios de procesamiento: a) identificación del estímulo, b) selección de la respuesta y c) programación de la respuesta. Estos estadios

estarian dispuestos en departamentos estancos relacionándose secuencialmente cada vez que un estímulo llega al sistema y hasta que se hace manifiesta la respuesta.

Frente a esta concepción del procesamiento surgieron ampliaciones explicativas del modelo como la de Sternberg (1969) y su método de los factores aditivos que diferencia cuatro niveles en lugar de los tres del método sustractivo.

Otros modelos más flexibles, basados en el procesamiento en paralelo (Taylor, 1976), introdujeron la posibilidad de que los diferentes estadios se relacionaran continuamente de una forma no serial.

Tal y como aparece en los modelos comentados, el papel de la retroinformación es clave para el ajuste y la adaptación al medio, base del aprendizaje. Mas adelante dedicaremos un apartado específico para comentar cómo el control de la información es clave en el entrenamiento y en la modificación del comportamiento en general. Para ello nos basaremos en un modelo más depurado de procesamiento como es el modelo de servosistemas, modelos procedente de la ingeniería y que parte del concepto de incertidumbre o complejidad informativa (Goodman & Kelso, 1980).

Toda esta aproximación nos lleva al centro fundamental del trabajo, a partir del conocimiento de los procesos de análisis de la información del deportista podremos programar adecuadamente la adquisición y el perfeccionamiento de habilidades motoras. En este trabajo el sistema lo hemos aplicado al tenis tal y como veremos más adelante, pero dado que uno de los ejes centrales de la tesis lo suponen las habilidades abiertas debemos pararnos un momento para definir con la precisión adecuada el término de habilidad motora. Haremos una reflexión sobre lo que entendemos como un contexto abierto y cuáles son las variables que debemos contemplar a la hora de plantear un proceso de aprendizaje de un gesto deportivo bajo estas características.



Figura 1.6: Modelo de procesamiento serial

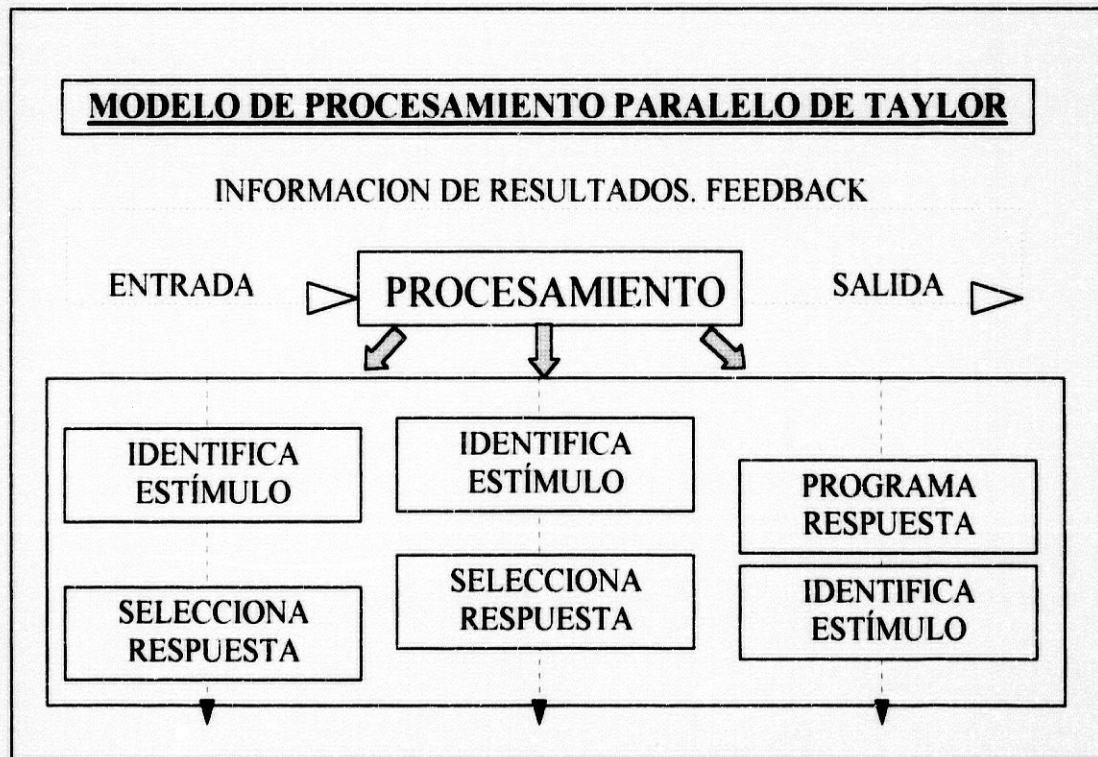


Figura 1.7: Modelo de procesamiento en paralelo

1.2 ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS

1.2.1 Definición de habilidad motora

Al estudiar el término de habilidad motora y revisar la bibliografía al respecto, el primer contacto con los autores más relevantes nos lleva a pensar que no existe un acuerdo terminológico para tratar el fenómeno del comportamiento motor. Nos encontramos con términos distintos que son utilizados con significados idénticos en algunos tratados, y en otros podemos ver cómo diferencian conceptos y utilizan significantes específicos y variados con criterios diferentes en función de la taxonomía sobre la que se basan. Así, términos como habilidad, destreza, tarea, acto y otros son utilizados y combinados según la línea de pensamiento sobre la motricidad.

No pretendemos dar una luz reveladora que aclare esta confusión semántica pero consideramos necesario, al menos, comentar aquellas definiciones y taxonomías más usuales en nuestro ámbito y concretar la terminología que vamos a usar en adelante.

Partiremos del concepto de habilidad motriz aunque, como veremos, no existe la definición que satisfaga todas las exigencias de los preparadores, profesores y demás estudiosos de la actividad física.

Podríamos tomar como referencia los trabajos de Ruiz (1994) en una recopilación sobre diversas definiciones entre las que destaca el concepto expuesto por Durand en 1988: "Competencia adquirida por un sujeto para realizar una tarea concreta. Se trata de la capacidad para resolver un problema motor específico, para elaborar y dar una respuesta eficiente y económica, con la finalidad de alcanzar un objetivo preciso. Es el resultado de un aprendizaje, a menudo largo que depende del conjunto de recursos de que dispone el individuo, es decir, de sus capacidades para transformar su repertorio de respuesta" (p.123). Aunque el citado autor prefiere definirla como "patrones específicos de coordinación motriz que deben ser adquiridos por los alumnos y que el profesor o el

entrenador evalúan como conseguidos, cuando el alumno o alumna es capaz de reproducirlos con exactitud precisión y economía” (pp. 94-95).

En la Figura 1.8 podemos ver una selección de las definiciones de habilidad motriz de diversos autores significativos de nuestra área en los que podemos advertir coincidencias y divergencias sobre este contenido.

<i>Autor</i>	<i>Definición</i>
Cratty (1973)	Tarea realizada de forma precisa y con una combinación adecuada de fuerza y potencia.
Fleisman (1964)	Eficacia en una tarea o conjunto de tareas.
Welford (1968)	Flexibilidad con la que un sujeto consigue una meta dada en diferentes circunstancias.
Paillard (1960)	Categoría particular de movimientos voluntarios finamente coordinados que ponen en servicio ciertas partes de la musculatura, en función de una técnica que exige ajuste, economía de esfuerzo y precisión.
Smith y Wing (1960)	Capacidad para llevar a cabo una acción de manera consistente y de forma apropiada en circunstancias cambiantes.
Knapp (1979)	Acciones concebidas conscientemente y aprendidas, que conducen a resultados predeterminados con un máximo de acierto y un gasto mínimo de energía, tiempo o de ambos.
Leplat (1987)	Posibilidad adquirida por el sujeto para realizar una clase de tareas con un nivel elevado de eficacia y de eficiencia.
Newell (1986)	Óptima parametrización de la función de coordinación.

Figura 1.8: Diferentes definiciones del concepto de habilidad motriz (tomado de Ruiz, 1994)

El término de habilidad motriz tiene su homónimo anglosajón en “motor skill” y Magill (1993) lo usa para referirse a una acción o tarea que tiene un objetivo y que requiere un movimiento voluntario para conseguir este objetivo. Vemos cómo combina los términos habilidad/acción/tarea con un mismo significado mientras que “tarea” es diferenciado por Famose (1990) de “actividad” y “resultado” como se refleja en la Figura 1.9. Tarea, por tanto, se referiría según este autor a una situación de enseñanza o de trabajo con un carácter instructivo y organizado.

Tarea	Actividad		Resultado
Objetivo Efecto que se quiere obtener	Actividad interna	Actividad manifiesta	
Condiciones de realización: 1 - bioinformaciones 2 - biomecánicas 3 - estado del cuerpo 4 - obligaciones de procedimientos	Operaciones cognitivas de tratamiento de la información	Estructura cinemática y estructura dinámica del gesto	Resultado Tanteo Marca

Figura 1.9: Diferenciación tarea - actividad - resultado (tomado de Famose, 1990)

Por otro lado, Schmidt (1988) de la misma forma que Magill (1993) o Kerr (1982) diferencian el término ‘skill’ de ‘ability’ (similar al vocablo castellano ‘habilidad’) para considerar este último en el sentido general de ‘capacidad’ o ‘aptitud’. Estos autores siguen la definición de ‘ability’ que presentó Fleisman en 1976 como “capacidad general del individuo” y que se refiere al rendimiento y a la eficacia en un número de actividades.

Esta acepción del término, en el ámbito de la educación física y la actividad física en España lo encontramos como ‘destreza’, que expresa la capacidad para moverse y expresarse de forma eficaz (Ruiz, 1994), destacando la aportación de Paillard en 1960 (citado por Ruiz, op. cit.) para el que el concepto de destreza (*dexterity*) supone “el uso de ciertos órganos motores para agarrar y transformar los objetos materiales. Se

caracteriza, en su sentido original, por la calidad de las acciones hábiles que son ejecutadas por las manos (generalmente la derecha)” (p. 96).

Después de este breve análisis, y a la vista del uso que de estos términos se tiene en nuestro ámbito próximo, vamos a concretar la terminología a usar de ahora en adelante.

Como habilidad motora (o motriz) nos referiremos al vocablo anglosajón '*motor skill*' para hablar de las actividades físicas o patrones motores aprendidos por el deportista con un objetivo o meta susceptible de evaluación. Sin embargo, reconocemos que por su raíz etimológica estaría más relacionado con '*ability*', refiriéndose a la capacidad general, a la aptitud del individuo y que marca una diferencia entre sujetos (Schmidt, 1988). Dado que en textos castellanos encontramos usualmente para este significado el término 'destreza' lo utilizaremos de dicha forma para evitar confusiones.

Nos centramos, por nuestro objeto de estudio en las habilidades motoras, y sobre ellas profundizaremos un poco más para llegar al tipo de habilidad motora susceptible de nuestra intervención. Esta profundización surgirá del análisis de las taxonomías más relevantes y de la definición de habilidad motora abierta.

1.2.2 Clasificación de las habilidades motoras

Las clasificaciones de habilidades motoras son tan variadas casi como sus definiciones, así que al igual que anteriormente nos centraremos en las más relevantes. El orden de la exposición de las diversas taxonomías atenderá antes que a criterios cronológicos a un criterio conceptual y de contenido para terminar en aquella clasificación sobre la que nos vamos a centrar para definir habilidad motora abierta.

Una clasificación que atiende a la participación corporal o grado de precisión es la expuesta por Gesell (1979) que diferencia habilidades de carácter **grueso** o **fino** en función de la participación de grandes o pequeños grupos musculares.

Parece que fue Fitts (1965) (citado por Kerr, 1982) uno de los primeros que diferenció **habilidades discretas y continuas** en sus estudios. Esta clasificación se basa en la determinación del comienzo y el final del gesto. En aquellos en los que se puede determinar dónde comienza y dónde acaba la actividad se les denomina habilidades motoras discretas (un salto, un lanzamiento) mientras que continuas son aquellas con carácter cíclico (nadar, pedalear). Entre ambas podemos hablar de **actividades seriadas** cuando suponen la reiteración o sucesión de habilidades discretas. Esta dualidad discreta/continua la relacionó Singer (1986) con los modelos de procesamiento de la información de bucle abierto y de bucle cerrado que comentaremos posteriormente.

Esto último permitiría comentar una clasificación en función de la disponibilidad del feedback. Aquellas actividades que por sus características pueden recibir información sobre los resultados durante su ejecución se diferencian de aquellas que por su velocidad, por sus características balísticas, sólo disponen de información tras la finalización. En este último caso se trataría de habilidades de feedback terminal y las primeras de feedback continuo.

También relacionado encontramos la aportación de Knapp (1979) que comentó que existen habilidades **predominantemente motrices o habituales** donde no hay una alta implicación de los procesos cognitivos de percepción, toma de decisiones y selección, frente a otras en las que esta implicación es más alta y las denominaba **habilidades predominantemente perceptivas**.

Pero la clasificación sobre la que profundizaremos es la que expuso el psicólogo británico E.C. Poulton en 1957 y que es citada por la mayoría de los autores revisados destacando por tanto como una de las taxonomías de mayor peso en el estudio de la actividad física y el deporte.

Poulton tiene en consideración la estabilidad del medio en el que se desenvuelve la actividad con lo que las actividades deportivas se pueden clasificar en función de la relación sujeto/entorno. Numerosas actividades deportivas se desarrollan sobre elementos con características conocidas, sobre pistas donde las distancias son conocidas,

con aparatos cuyo peso o la disposición de éstos está controlada por el atleta. En estos casos en donde tampoco aparece la oposición directa de un contrincante que modifique estas variables podemos hablar de deportes que conllevan **habilidades motoras cerradas**. Estamos hablando de disciplinas como el lanzamiento de peso, salto de longitud o tiro al blanco. Ante un salto de altura, el deportista conoce las dimensiones de la pista, la dureza del piso, la altura a la que se colocará el listón y puede realizar su gesto a sabiendas de lo que se va a encontrar a cada momento dependiendo de su propia actividad definida a priori.

Sin embargo otros deportes tienen una variabilidad muy grande en su entorno. Por ejemplo, en deportes de balón la acción a realizar por el sujeto depende en cada momento de la trayectoria y velocidad del móvil, de la situación en el terreno de los compañeros, del grado de oposición del contrincante... En otros deportes de enfrentamiento como la esgrima, la lucha o el tenis en nuestro caso, las circunstancias variables del medio son producto de la acción de un oponente, en este caso hablaríamos de **habilidades motoras abiertas**. La labor del oponente y los compañeros ha dado lugar a otras clasificaciones en función del **grado de oposición y de colaboración** (Bayer, 1986; Riera, 1989) pero son producto de una profundización de las categorías abierto/cerrado de Poulton. Sin embargo, no debemos entender de forma absoluta esta dualidad como dicotómica ya que en realidad todas las habilidades tienen un componente más o menos abierto y más o menos cerrado. Así, en un salto atlético las inclemencias climatológicas en una prueba al aire libre dan cierta incertidumbre al medio así como la acción de un oponente en una carrera de fondo o medio fondo. De la misma forma, un deporte predominantemente abierto como el baloncesto posee gestos más o menos cerrados como el lanzamiento libre, también encontramos el ejemplo del saque como gesto cerrado dentro del tenis que tiene un alto componente abierto.

Pero para profundizar en este sentido vamos a analizar concretamente las características de las Habilidades Motoras Abiertas (HMA).

1.2.3 Definición de habilidades motoras abiertas

La definición surge de la clasificación citada de Poulton. La HMA surge en oposición a las Habilidades Motoras Cerradas y tienen su diferenciación originalmente en la estabilidad del medio. Así podríamos definir HMA como lo hace Magill (1993) que habla de ellas como habilidades en las que el deportista debe actuar de acuerdo a la acciones del objeto o de las características del entorno. Esta definición se centra en la actividad del entorno restando protagonismo al deportista que es presentado como un elemento a merced de las alteraciones de todo aquello que lo rodea.

Singer (1980) denomina a estas actividades como habilidades de regulación externa atendiendo a la posibilidad o no de ejercer control sobre los acontecimientos.

Ya hemos comentado que el hecho de clasificar las habilidades en dos categorías enfrentadas no se debe de entender como una dualidad dicotómica en la que se encuentra a un lado o a otro, o blanco o negro, sino que debemos abordar el conocimiento de dicha actividad estudiando el componente abierto y cerrado, las características que le dan una mayor o menor autorregulación. En este sentido se expresa un continuo entre ambos polos situando la actividad deportiva en cuestión más próxima a uno u otro en función de la estabilidad del medio.

En la Figura 1.10 podemos observar una ejemplificación tomada de Schmidt (1988) y que considera un punto que denomina entorno semipredicible (*Semi-predictable enviroment*). Este puede ser clasificado y localizado en un lugar situado ente los límites del continuo abierto/cerrado.

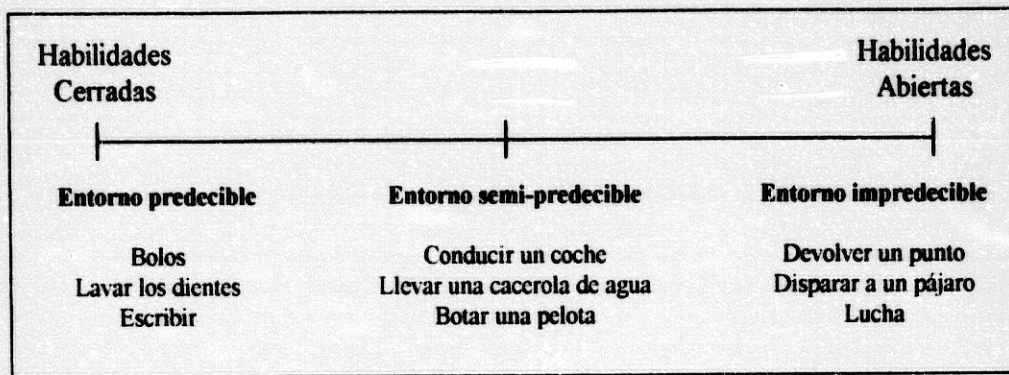


Figura 1.10: El continuo abierto-cerrado

Otra terminología al uso de esta clasificación es la utilizada por Magill (1993) en conjunción con abierto-cerrado '*self-paced*' y '*externally-paced*' refiriéndose a la temporalización del comienzo de la acción. Si el sujeto puede comenzar la habilidad a realizar en el momento que quiera, se definiría esta habilidad con el término '*self-paced*'. Normalmente las habilidades cerradas son de este tipo ya que el entorno permanece estable esperando la actuación del deportista (en un tiro al blanco el tirador decide el momento de apretar el gatillo). Sin embargo el término '*externally-paced*' se usaría para definir aquellas habilidades en las que el momento de iniciarse depende de las circunstancias que se den en el entorno. Las habilidades abiertas son normalmente de este tipo (en un remate en fútbol, se inicia la acción en función del momento del pase, de la trayectoria y velocidad del balón y de la acción de los oponentes).

Otra visión de estas situaciones deportivas tan características es la de considerar un entorno fijo e invariable durante el ensayo y distinto de un ensayo a otro. Esto es la llamada variabilidad respuesta-a-respuesta o variabilidad entre ensayos (Gentile et al., 1975). Es frecuente observar acciones deportivas en las que un ensayo se desarrolla en toda su extensión en un medio fijo y predecible pero al siguiente intento las condiciones pueden haber variado. Este es el ejemplo de un salto de altura en el que en cada salto la altura a saltar es conocida y permanece fija durante toda la acción del salto desde su

comienzo hasta su final, pero al siguiente salto la altura variará, será mayor y por tanto el gesto a realizar será diferente en función de la variación del medio entre ensayos. Por tanto podemos considerar habilidades más abiertas si a pesar de ser cerradas intraensayo son abiertas entre ensayos, es la diferencia entre tiro al blanco con un blanco siempre a la misma distancia y mismo tamaño, y tiro a un blanco que va variando en dificultad.

La aportación hecha por este autor dio lugar a una doble consideración de las habilidades cerradas/abiertas. Por un lado la alteración del medio durante el ensayo, como llamaría él mismo condiciones ambientales en movimiento o condiciones ambientales estacionarias, y la variabilidad interensayo, con cambio o sin cambio de un intento al siguiente. En la Figura 1.11 podemos ver el diagrama 2x2 que representa las cuatro categorías.

Observamos en la Figura 1.12 el análisis del continuo abierto/cerrado incluyendo las consideraciones de Gentile en 1975. Destacar que en la numeración de las diferentes categorías no coincide en la línea del continuo hacia una habilidad más abierta o cerrada pero es la numeración que utilizó el autor en el original.

Una vez localizado y definido el concepto de habilidad motora abierta vamos a ver algunas consideraciones que sobre el aprendizaje hay que tener en cuenta cuando la actividad en cuestión es predominantemente abierta.

		Variabilidad entre ensayo	
		Sin cambio	Cambio
Condiciones ambientales	Estacionario	Categoría 1 El objeto de repuesta permanece estacionario y no hay cambios en los requerimientos de una respuesta a la siguiente	Categoría 3 El objeto de repuesta permanece estacionario y los requerimientos de una respuesta cambian en la siguiente
	En movimiento	Categoría 2 El objeto de repuesta está en movimiento y no hay cambios en los requerimientos de una respuesta a la siguiente	Categoría 4 El objeto de repuesta está en movimiento y los requerimientos de la respuesta cambian en la respuesta siguiente

Figura 1.11: Diagrama 2x2 sobre las categorías de habilidades abiertas/cerradas presentado por Gentile y col. (1975)

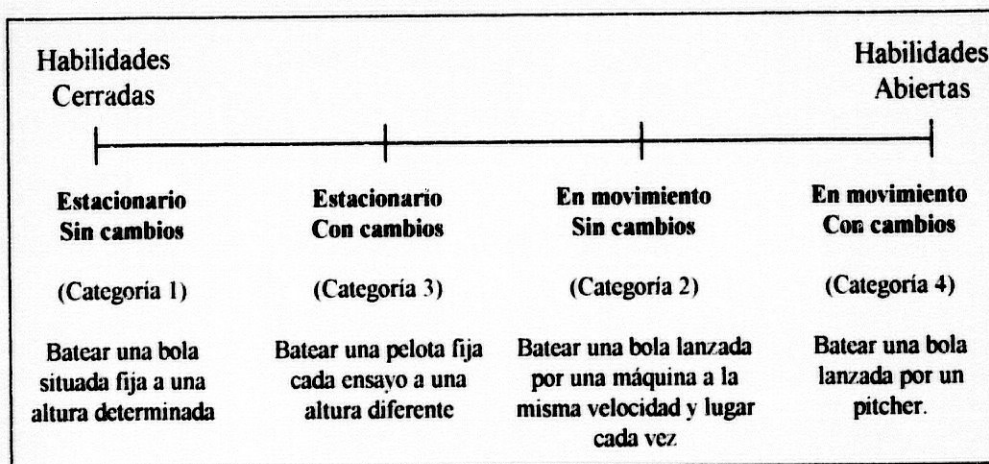


Figura 1.12: Las categorías de Gentile situadas sobre el continuo abierto/cerrado

1.2.4 Variables que afectan al aprendizaje de las habilidades motoras abiertas

Es la psicología la disciplina que más ha profundizado sobre los procesos de aprendizaje y numerosas líneas de pensamiento lo han definido a lo largo de la breve historia de esta disciplina científica. Siguiendo a Oña (1990), podemos definir aprendizaje como una modificación de la conducta del sujeto que es mantenida en el tiempo de forma estable y que es producto de la práctica. No vamos a profundizar ahora sobre el término sino que vamos a centrarnos sobre los aspectos que, según los autores revisados, son relevantes en el aprendizaje de las habilidades motoras y concretamente de las habilidades motoras abiertas.

Siguiendo la definición dada, algunos de los elementos que debemos estudiar son por un lado la conducta a aprender y por otro las condiciones de la práctica. Junto a estos habría que considerar el control de la información, que veremos en el siguiente apartado, y otros factores psicológicos como la motivación, el establecimiento de metas, el control de contingencias, etc. Por las características de las habilidades motoras abiertas y por los objetivos de la presente tesis doctoral vamos a centrarnos en las reflexiones que han realizado diversos autores sobre las condiciones en las que se debe desarrollar el aprendizaje de este tipo de habilidades en concreto.

Partiendo del análisis de las HMA, Singer (1986) nos recuerda que “estas acciones requieren que el actuante se anticipe y tome decisiones sobre la adaptación de la respuesta en un breve periodo de tiempo. Están guiadas exteriormente, en cuanto la situación marca el paso de la persona. A pesar de haberse establecido planes, debe existir un sentido de adaptación ante los posibles incidentes cambiantes o no previstos” (p. 91).

Es quizás la idea de adaptación, la más interesante de lo expuesto, donde el deportista no puede únicamente aplicar un patrón neuromuscular previamente planificado sino que debe de actuar en función de los condicionantes echando mano al repertorio de variantes que debe haber asimilado. Así, el citado autor continúa diciendo que muchas

acciones abiertas deben aprenderse al principio en condiciones más controladas y estables, pero entonces es preciso practicarlas bajo una variedad de condiciones. Las acciones cerradas se practican más mecánicamente para tener cualidades semejantes a las habituales. Aunque hay autores que defienden la cautela a la hora de diferenciar las características de habilidades cerradas y abiertas (Highlen & Bennett, 1983) y piden un análisis pormenorizado de cada deporte, no podemos olvidar que las habilidades motoras abiertas tienen una mayor carga de procesamiento dada la complejidad del análisis de la información (Yazdy-Ugav, 1988). En el proceso de aprendizaje podemos encontrar una mayor dificultad en el aprendizaje de habilidades abiertas que cerradas representado en un mayor tiempo de adaptación o incluso de calentamiento en cada sesión (Wrisberg & Anshel, 1993; Anshel, 1995). Así pues, las estrategias para practicar con acciones abiertas o cerradas deberían ser algo distintas.

La teoría del esquema motor de Schmidt (1975) como representante de los programas motores generalizados nos comenta que lo almacenado en la memoria es un esquema del movimiento, una estructura general o patrón no definido totalmente que deberá actualizarse y reajustarse en función de cada contexto. Por tanto en aquellas habilidades en las que el contexto, el ambiente, es cambiante, como en las HMA, más amplio será este esquema para contemplar un buen número de posibilidades. El mismo autor, en 1988, al referirse al aprendizaje de las habilidades motoras abiertas comenta que "las habilidades abiertas parecen requerir rápidas adaptaciones en un ambiente en continuo cambio, mientras que las habilidades cerradas requieren ejecuciones constantes y estables en un entorno predecible, aparecen cuestiones interesantes sobre cómo deben ser aprendidas los dos tipos de acciones" (p. 48). Plantea que los métodos deben ser diferentes y plantea una clave en la distribución de la práctica.

Una práctica variable favorecería la adquisición de patrones motores en HMA. La forma en la que se almacena un esquema será más o menos abierta en función de la variabilidad de la práctica durante su aprendizaje. (Shea & Morgan, 1979; Magill, 1993)

En una revisión de los trabajos realizados sobre variabilidad en la práctica, Shapiro & Schmidt (1982) encontraron cómo sobre sujetos adultos se observaron

mejoras en el aprendizaje de habilidades motoras cuando se les sometió a práctica variada. Aunque también encontraron trabajos con resultados no tan concluyentes en algunos casos según la habilidad en cuestión y las diferencias individuales de los sujetos.

Las conclusiones obtenidas a raíz de la teoría del esquema se enfrentan a las aportaciones de Henry que en 1960 y aún actualmente (Oña, 1994) defienden la teoría de la especialización neuromotora y la independencia de las actuaciones en varias acciones motoras. Esto es, la especificidad en la práctica para obtener la máxima transferencia sobre la conducta objeto.

En conclusión, aunque parece que la práctica variable es un factor importante en el aprendizaje de las HMA, no hay que descartar otras consideraciones que van hacia la especificidad y la reiteración de la habilidad. De todas formas, la presente tesis doctoral no está encaminada en el estudio del efecto de la variabilidad en la práctica y, aunque parece el factor más relevante vamos a exponer otras consideraciones sobre el aprendizaje de estas acciones.

Otra variable que atendieron Shea & Morgan (1979) es la interferencia intrateara, es decir la organización de los diferentes ensayos de la práctica en bloque, de forma serial o aleatoria. Parece que en actividades con un entorno abierto se obtienen mejores resultados con una distribución de la práctica aleatoria por una mayor actividad del sujeto y exige una mayor implicación en el análisis de la información y en la generación de soluciones (Lee & Magill, 1983)

Un aspecto que tiene una gran importancia en nuestro caso es el papel de la información relevante aportada al deportista en el aprendizaje de las HMA. Las habilidades con un alto componente perceptivo necesitan por parte del individuo una estimación del alcance que en relación a la ejecución tienen los estímulos allí presentes. A través del aprendizaje, el individuo debe llegar a identificar y atender selectivamente aquellas características del entorno que van a tener una mayor influencia en la organización de su movimiento (Dickie & Kerr, 1987; Maxeiner, 1987; Sanchez, 1992).

Esto tiene aun una mayor importancia en habilidades deportivas que exijan una respuesta en un tiempo breve y ante una situación estimular compleja. En muchos deportes de enfrentamiento, el deportista tiene ante sí una gran cantidad de información que le ofrece el oponente creando esta complejidad estimular de la cual sólo algunos índices revelan la respuesta adecuada y esta puede ser la diferencia que marque atletas de élite en este tipo de deportes (Nettleton, 1986).

El profesor o entrenador, en el momento de aportar la información inicial, debe dar las claves que lleven al deportista a conseguir el éxito en su ejecución. El trabajo expuesto en esta tesis doctoral se fundamenta en esta posibilidad, la de dar información relevante al sujeto para el mejor rendimiento ante una situación estimular concreta en cada deporte. Pero sobre el control de la información vamos a comentar en el siguiente apartado algunos aspectos que debemos considerar.

1.3 EL CONTROL DE LA INFORMACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO DE LAS HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS

1.3.1 Modelos explicativos del procesamiento de la información

Para comenzar a hablar del control de la información en el proceso de aprendizaje de las habilidades motoras debemos retomar la interpretación comportamental del procesamiento de la información.

En el primer epígrafe comentamos los modelos básicos, enfrentando la concepción de procesamiento serial y procesamiento paralelo. Más allá de las teorías de Donders y Taylor (op cit.) encontramos la teoría de servosistemas en la que se considera al organismo como un sistema que recibe una información inicial, la interpreta y programa una respuesta atendiendo a unos criterios de eficacia en función de los objetivos fijados con anterioridad. La consideración del sujeto como un servosistema y el razonamiento de su funcionamiento la encontramos en Oña (1994) y Schmidt (1988), a quienes seguiremos en adelante.

Diferenciamos dos estructuras de servosistemas:

- a) servosistema de bucle cerrado
- b) servosistema de bucle abierto

La primera se fundamenta en la autorregulación; ante las variaciones de los agentes externos el servosistema de bucle cerrado modifica su respuesta ajustándose al medio. Este ajuste puede ser discreto, como un termostato que o bien actúa o se para, o continuo, como en el caso de un piloto automático de un avión. Posee una serie de elementos o niveles de procesamiento que le confieren su funcionalidad. En primer lugar encontramos el *mecanismo de referencia* o comparador, que establece los objetivos en

función de la información inicial (*feedforward*) que ha recibido. Tras la ejecución de la respuesta programada se producen modificaciones en el entorno, nuevos estímulos. Estos estímulos, mediante un anillo de retroalimentación (*feedback*), vuelven al organismo, al *mecanismo de referencia*, que vuelve a comparar las modificaciones producidas en el entorno con los objetivos calcula el *error* y programa de nuevo la respuesta atendiendo a la corrección de dicho error.

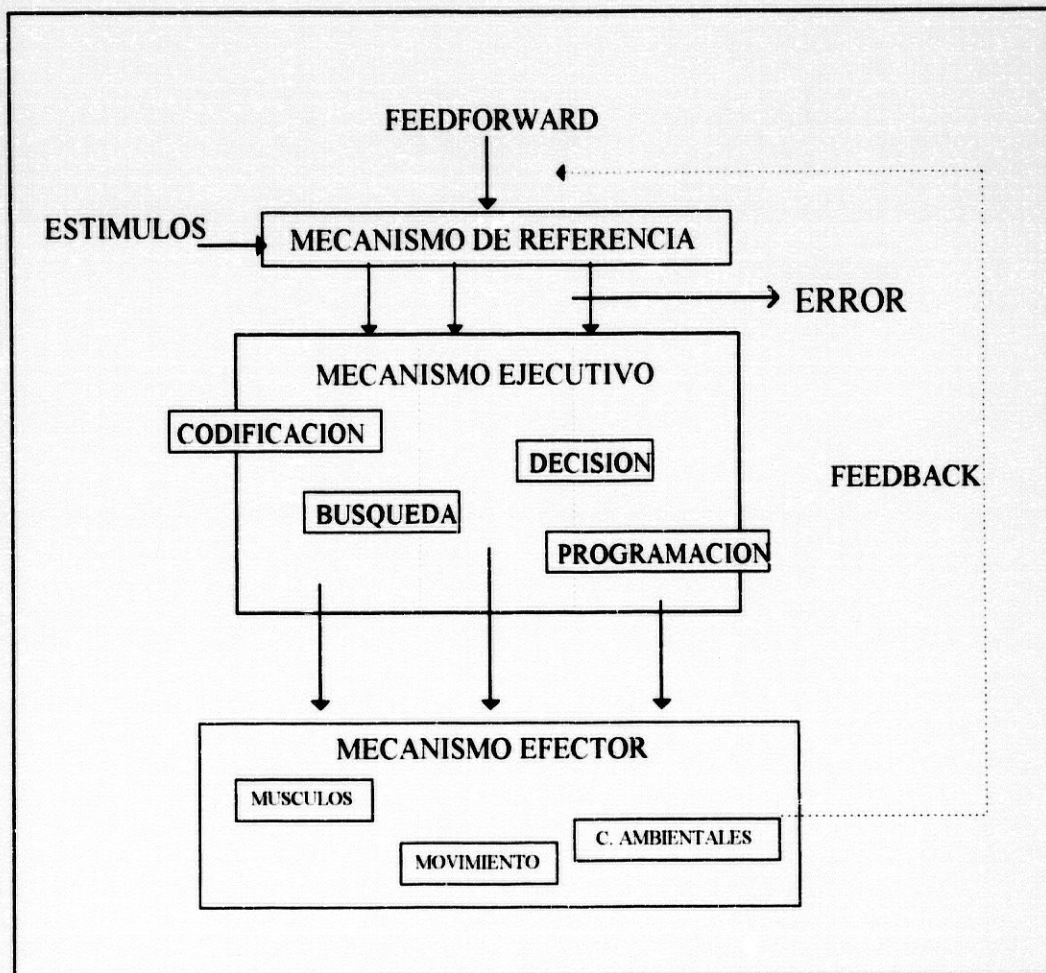


Figura 1.13: Modelo de servosistemas

Por tanto, toda la lógica se basa en la reducción del error a cero, para ello se articulan dos mecanismos: el mecanismo ejecutivo y el efector. En el primero de ellos es

donde se desarrollan los procesos de análisis de la información, la codificación de ésta, la toma de decisiones y la programación de la respuesta. El mecanismo efector pone en funcionamiento el programa designado a través de los diferentes componentes del sistema encargados de llevar a cabo la respuesta. Respuesta que entraría de nuevo en el anillo de retroalimentación y daría comienzo de nuevo todo el proceso.

El modelo de servosistemas de bucle abierto carece del anillo de retroalimentación con lo que no permite realizar ajustes en función de las variaciones externas y depende de un elemento externo que lo programe o que modifique su respuesta para realizar ese ajuste.

El modelo de servosistema de bucle cerrado es perfectamente aplicable al deportista para explicar los procesos de análisis de la información, la toma de decisiones y las correcciones que realiza en cada ensayo.

Todo esto subraya el valor de la información en el estudio del comportamiento humano y por ende del deportista. El control de la información que llega al deportista, las características de la información, su precisión, su especificidad y el uso que de ella haga, entre otros factores, determinará el proceso de adquisición de una habilidad deportiva.

1.3.2 Características de la información en el aprendizaje de habilidades deportivas

Alrededor de una situación de aprendizaje existen innumerables estímulos que suponen información para el deportista. Sin embargo, no todos los estímulos que le rodean son relevantes para la adquisición de habilidades motoras, así pues en un primer nivel clasificatorio debemos diferenciar lo que consideraremos información significativa e información no significativa. Sólo nos ocuparemos del análisis de la información significativa, es decir, de aquella que consideramos relevante para el rendimiento.

Magill (1993) diferencia tres tipos de información: la información inicial, la información para la estructuración de procesos internos y la retroalimentación o feedback. Nos centraremos en el feedforward y el feedback ya que son susceptibles de manipulación y han sido los ejes de este trabajo. Tanto uno como otro tienen dos vías de transmisión, interna y externa. La información interna es la que el sujeto consigue por sus propios medios a través de sus receptores, que captan los estímulos del exterior o de su propio cuerpo y que posteriormente son procesados obteniendo los resultados de su acción y los objetivos de un próximo ensayo. La información externa es aquella que recibe por un elemento externo, generalmente el entrenador, indicándole las pautas a seguir, los objetivos a alcanzar, las características de su ejecución o los resultados (Figura 1.14). A estas dos vías también se les ha llamado información intrínseca (interna) o extrínseca (externa), y el feedback extrínseco es también llamado feedback aumentado.

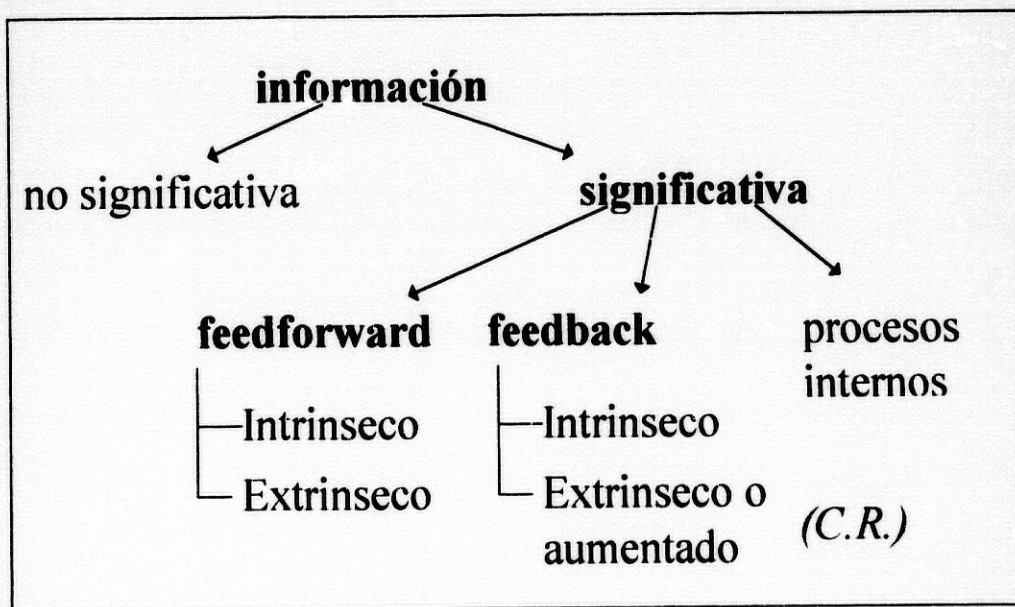


Figura 1.14: Clasificación de la información

Dentro de las características de la información vamos a observar dos aspectos fundamentales, las variables que afectan a su administración y el formato de ésta.

Siguiendo a Oña (1990) consideraremos principalmente cuatro características que afectan a la administración de la información:

- Precisión: La información debe ser ajustada y breve, reduciendo en lo posible la subjetividad y tratando de ir hacia los puntos claves que proporcionarán la eficacia en la ejecución.

- Claridad: La información debe ser accesible de comprensión para el sujeto.

- Adaptada: No debemos olvidar las características del sujeto al que se le da la información, con lo que debemos adaptar ésta a su capacidad, a su nivel de conocimientos y su formación específica.

- Relación información externa / interna: El sujeto debe observar relación entre la información que recibe desde el exterior, desde el entrenador, y la información que percibe por sus propios medios. No debe haber desajuste entre ambas ya que crearía confusión y podría provocar pérdida de credibilidad sobre los datos obtenidos.

- Compatibilidad feedforward / feedback: La retroalimentación y el conocimiento de resultados debe estar en consonancia con los objetivos de la información inicial de forma que el deportista pueda comparar y valorar los resultados con respecto a los objetivos planteados antes de la ejecución.

En cuanto al formato de la información (Schmidt, 1988) diferencia entre información verbal, escrita, demostraciones, e instrucciones por medios audiovisuales. Nosotros incluimos entre estos formatos las instrucciones por medios computarizados, que podría considerarse una ampliación de los audiovisuales pero con un control de la información mucho mayor, que va desde la información inicial, al registro de la respuesta y la facilitación del feedback sobre la eficacia. A estos sistemas es a los que hemos denominado sistemas automatizados de control de la información y que describiremos en mayor profundidad más adelante.

Pero antes de ello creemos conveniente profundizar sobre dos aspectos que ayudaran a comprender la lógica del trabajo realizado, y lo haremos diferenciando por un lado la información inicial o feedforward y la retroalimentación o feedback.

1.3.3 La información inicial

Cuando hablemos de la información inicial en el proceso de aprendizaje de tareas deportivas, como en cualquier proceso de aprendizaje, nos referiremos a las instrucciones previas que aportamos al sujeto para la correcta realización de la habilidad. Schmidt (1988) también habla de estas instrucciones con la expresión anglosajona "*getting the idea*" que podríamos traducir como la idea o la imagen que queremos transmitir al deportista de la tarea a realizar. Debemos tener en cuenta cuáles son los objetivos de la información que le aportamos al deportista que debe de ir en relación con los objetivos de la actividad a realizar. Como información debe de cumplir los requerimientos de precisión, brevedad, etc. que hemos comentado anteriormente para que el sujeto tenga una imagen clara de lo que debe de hacer.

Un punto en el que coinciden numerosos autores, incluso corrientes diferentes, es en dar a conocer los objetivos de la práctica (Gentile, 1972; Pieron, 1988; Davis, 1989; Locke & Lathman, 1985), de forma que el deportista, al conocer estos objetivos optimiza su aprendizaje y obtiene un mejor rendimiento.

Otros aspectos importante es aportar información sobre los elementos significativos de la tarea, aún más importante si tratamos con individuos expertos ya que estos requieren una precisión mucho mayor en los datos que se le aportan pues tienen un mayor conocimiento del entorno y pueden atender a estímulos mas concretos y difíciles que sujetos inexpertos o aprendices (Singer, 1980; Goulet et al. 1989). Sobre este aspecto nos centraremos en adelante, pues nuestro trabajo ha consistido en desarrollar sistemas que aporten información al deportista sobre aquellas habilidades que van a realizar, seleccionando la información relevante y significativa para el rendimiento óptimo.

En las habilidades en entornos abiertos la situación estimular es compleja y cambiante como ya hemos visto. Por tanto, el deportista se enfrenta a una sucesión de estímulos diversos que condicionarán la conducta que debe de emplear en cada situación. Aquí la labor del entrenador es importante en el momento que le aporta información previa sobre lo que se va a encontrar en cada ocasión. El entrenador debe indicarle al deportista las características de los estímulos que aparecen en esa habilidad y cuáles de ellos son significativos y realmente condicionantes de la actividad. En nuestro caso, ante un saque en tenis, el jugador al resto observa una gran cantidad de estímulos que el oponente le muestra, y debe de ser capaz de seleccionar aquellos datos que le resultarán útiles y descartar la información no relevante (Sánchez, 1992).

1.3.4 La retroalimentación o feedback

Feedback es un término anglosajón, que puede significar retroalimentación o realimentación, y que actualmente se encuentra bastante extendido en su uso original en los textos castellanos. Con el feedback nos referimos a toda aquella información que recibe el sujeto sobre su ejecución. Kerr (1982) lo definió como la información que el deportista recibe mientras ejecuta la tarea o como resultado de la ejecución de la tarea. Ya hemos visto en los apartados anteriores, en los que comentamos los modelos de procesamiento de la información, cómo esta retroalimentación es un factor clave en el aprendizaje y en el control del movimiento. Schmidt (1988), hablaba de feedback como de toda aquella información sobre la respuesta producida que es recibida durante o después del movimiento. Vemos dos factores diferenciadores del feedback, la aparición temporal, que se sitúa a partir del comienzo de la ejecución, y el objeto informativo que es la propia ejecución o las consecuencias de ésta.

Pudimos ver en el esquema general sobre la información cómo diferenciábamos la información intrínseca y extrínseca al referirnos a la información que el sujeto recibe por sus propios medios y la que es aportada por medios externos a él mismo. En el caso de

feedback intrínseco también se puede encontrar con los términos de feedback sensorial, información sensorial o feedback inherente.

Existen situaciones en las que el feedback intrínseco aporta suficiente información sobre la ejecución y sobre el resultado de la acción y el papel del feedback extrínseco es menos relevante ya que el individuo accede a una alta calidad de información por sí mismo. Es decir, en un lanzamiento de baloncesto, por ejemplo, no tiene una gran utilidad informar al deportista acerca de su eficacia ya que él mismo puede observarlo. Sin embargo existen datos que el deportista desconoce y que quizás sean fundamentales para su rendimiento.

Con todo, un gran número de investigaciones y experiencias sobre aprendizaje motor se han centrado en el estudio del papel del feedback extrínseco como potente instrumento para optimizar el aprendizaje y el rendimiento. Así pues vamos a hacer una breve revisión sobre los aspectos más relevantes de este aporte de información o feedback aumentado.

Siguiendo a Magill (1993), las principales funciones del feedback aumentado en el proceso de aprendizaje serían dos: Por un lado informar sobre la ejecución de la acción que está realizando o que ha realizado, y por otro motivar al deportista para continuar en su empeño de lograr un mayor rendimiento a través de su práctica, a conseguir los objetivos propuestos.

Sobre el feedback aumentado encontramos una serie de dimensiones relacionadas en la Figura 1.15.

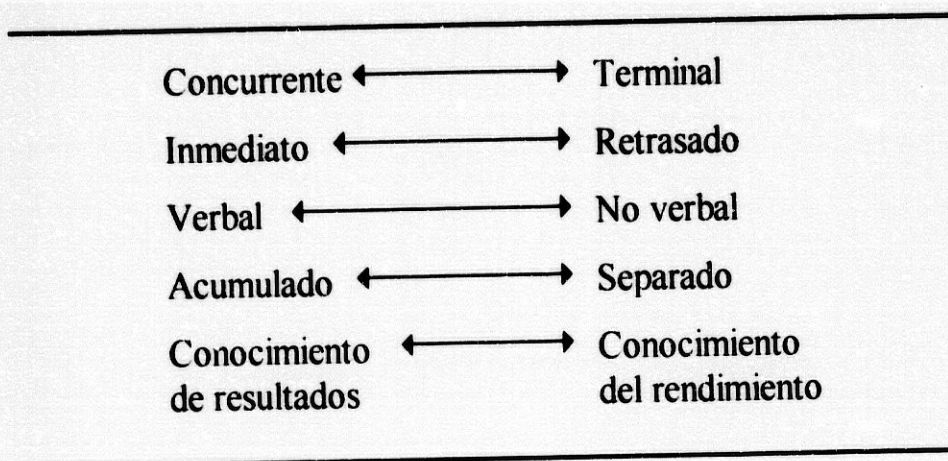


Figura 1.15: Dimensiones del feedback extrínseco

La información se puede aplicar durante el movimiento y se denominaría feedback concurrente o bien al finalizar la ejecución (terminal).

Otra característica surge del momento en el que se presente, que puede ser inmediato tras la ejecución o retrasado en el tiempo. Algunos autores también diferencian las dimensiones de feedback instantáneo, inmediato y retrasado (Ruiz, 1994).

En cuanto al formato, hemos visto la diferenciación entre verbal, la más frecuente, y no verbal. Aunque dentro de la información no verbal podríamos hacer una nueva clasificación para destacar la información escrita, gráfica, audiovisual o electrónica. En el caso del formato electrónico lo desarrollaremos más adelante sobre la automatización del control de la información.

El feedback acumulado se refiere a la información sobre un conjunto de ejecuciones frente al feedback separado que diferencia la información sobre cada una de las ejecuciones realizadas.

Y por último vamos a diferenciar lo que se denomina conocimiento de resultados y conocimiento del rendimiento y de la ejecución (*knowledge or results* o KR y

knowledge of performance o KP). La diferencia estriba en que el primero es una información sobre las consecuencias, los resultados obtenidos, mientras que KP se basa en las características del movimiento realizado, sobre el patrón de movimiento. Esta definición fue mostrada por Gentile (1972) para diferenciar la información sobre las consecuencias que la ejecución tenía sobre el entorno de una información más orientada hacia la corrección de errores y la mejora de patrones de movimiento ineficaces.

En la Figura 1.16 observamos un diagrama que contempla Magill (1993) sobre la clasificación de la familia de feedback. En este diagrama se incluye la diferenciación entre KR y KP.

También se advierte la aparición del concepto de feedback sensorial aumentado que lo define como aquel en el que se usa un dispositivo externo para amplificar el feedback sensorial.

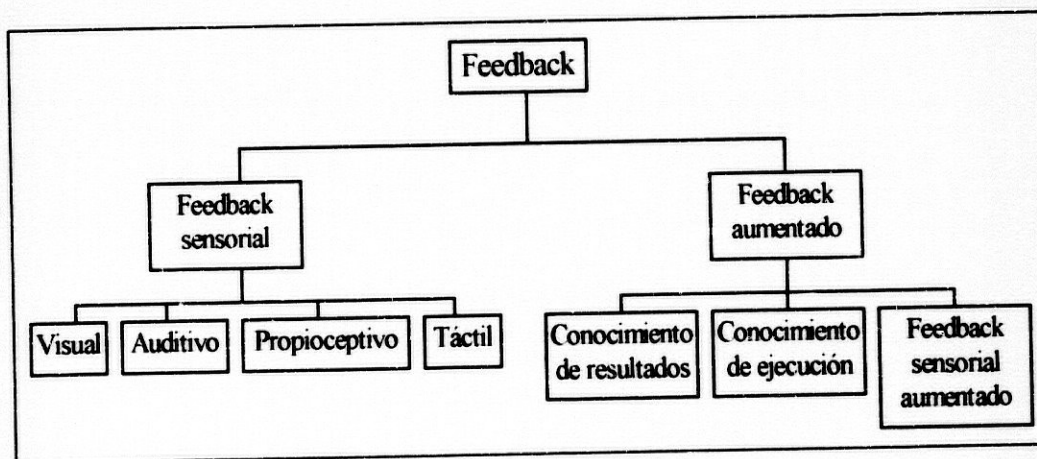


Figura 1.16: Diagrama sobre los diferentes tipos de feedback (tomado de Magill, 1993)

1.3.5 La administración de la información como entrenamiento de las habilidades motoras abiertas

El uso de la información es una variable importante en el proceso de aprendizaje de habilidades deportivas, esta conclusión parte de la propia definición de aprendizaje y sus consideraciones que hemos expuesto anteriormente, pero en este apartado vamos a revisar las variables que sobre el aporte de información se han estudiado para optimizar el aprendizaje. Daremos especial énfasis a las consideraciones que debemos tener al abordar habilidades motoras abiertas dado el objetivo del presente estudio.

Sobre la información inicial hemos destacado la importancia de considerar el entorno abierto como un factor de incertidumbre que el entrenador debería de facilitar al deportista. El deportista se enfrenta a una situación en cierto punto desconocida y si no al menos con cambios imprevisibles. Las instrucciones para una habilidad cerrada se basan en las capacidades del sujeto y en la técnica adaptada a sus capacidades necesaria para conseguir el objetivo. Sin embargo, en actividades que se dan en una situación estimular cambiante las instrucciones deben contemplar el resto de protagonistas como pueden ser los compañeros, los oponentes, el móvil o las variaciones del medio. Y estas instrucciones deben de dar información no sólo de sus características sino de sus comportamientos durante la ejecución de la habilidad. Incluso una premisa fundamental es la de orientar al deportista sobre cuáles son los estímulos relevantes que deben condicionar su actuación (Sánchez, 1992). Esto requiere un esfuerzo de análisis por parte del entrenador que en nuestro caso, en nuestra experiencia, se basa en el análisis de los preíndices que se muestran en una situación de tiempo de reacción de elección tal y como lo especificaremos en el apartado de atención.

La precisión de la información a dar dependerá de la tarea y del nivel del sujeto. Con sujetos altamente diestros la precisión de la información será aún mayor dado su conocimiento del medio y de las circunstancias que lo rodean (Bayer, 1986; Goulet et al., 1989).

En cuanto al feedback, observaremos tres variables a considerar: El momento de aplicación, la frecuencia de administración y la precisión y cantidad de información, aspectos estos dos últimos que vamos a revisar unidos.

Una cuestión fundamental a la hora de aplicar conocimiento de resultados es decidir cuál es el momento adecuado. Esto es algo que se ha planteado desde los trabajos de Lorge & Thorndike en 1935 (citados por Schmidt, 1988) y aún actualmente. De estos trabajos se ha sistematizado el periodo entre ensayos en función de la aplicación de información. Así, el periodo entre la ejecución y el conocimiento de resultados se le denomina Pre-CR y al tiempo transcurrido hasta el siguiente ensayo Post-CR. De la revisión realizada por Salmoni et al. (1984) en un trabajo sobre el efecto del retraso en el aporte del feedback no obtuvieron resultados concluyentes sobre el efecto de un retraso en la aplicación de CR sobre el rendimiento del sujeto durante el aprendizaje. Otros trabajos como los de Pöhlman (1979) o Grosser y Neumayer (1986) señalan que al menos no es conveniente dar un feedback instantáneamente pues puede tener una influencia negativa al no permitir al sujeto evaluar su propia acción antes de recibir información externa. Por otro lado, Schmidt (1988) no parece concluir que el retraso en la aplicación de feedback pueda entorpecer el aprendizaje. Con todos estos datos observamos que es conveniente un periodo pre-CR en el que el deportista analice su propia ejecución para que pueda comparar sus conclusiones y su feedback sensorial con el feedback aumentado que le proporcionan. Incluso algunos autores comentan la conveniencia de que el post-CR no sea breve para permitir esa comparación entre sus sensaciones y los resultados e incluso para realizar algún tipo de práctica imaginada en la línea de corregir los errores obtenidos (Salmoni et al., 1984; Schmidt, 1988; Magill, 1993; Ramella y Weigand, 1983).

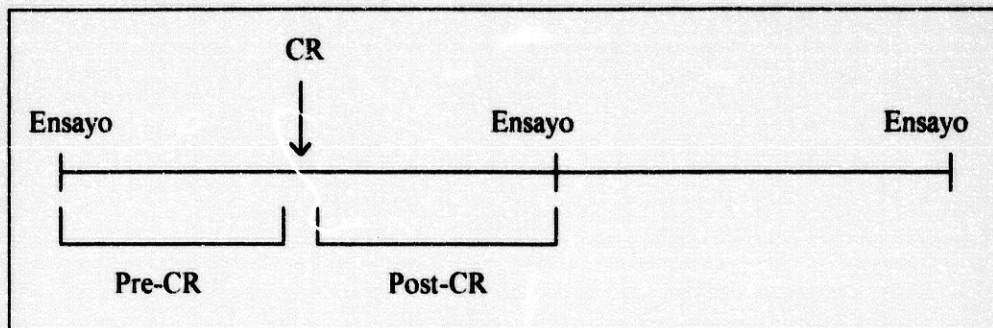


Figura 1.17: Intervalos interensayos (IIE) e intervalos previos a la aplicación de CR y posterior a su aplicación (Pre-CR y Post-CR)

La frecuencia en la administración de la información se refiere al número de veces que se le aporta información al sujeto en relación con el número de ensayos, una frecuencia relativa del 100% supondría dar información después de cada ensayo mientras que una frecuencia relativa de 10% supondría un Feedback por cada 10 ensayos. Los primeros estudios en esta línea fueron los trabajos de Bilodeau y Bilodeau en 1958 (citado por Schmidt, 1988) en los que comparaban no sólo la frecuencia relativa sino el número absoluto de feedback que daban a los sujetos en sus experimentos. En éstos se demostró que una frecuencia relativa del 100% era beneficiosa para el aprendizaje. Posteriormente se han elaborado otros estudios en los que se comparaban diferentes frecuencias y se incorporaba el concepto de feedback autoadministrado en el que el sujeto decidía el momento en el que recibiría la información y se ha incluido en el análisis la retención tras un tiempo sin práctica (Ho & Shea, 1978; Salmoni y otros, 1984; Winstein & Schmidt, 1990). En estos trabajos se encontraron los mejores resultados al final del tratamiento con frecuencias del 100% y en aquellos que se realizaron test de transferencia se observaron resultados mejores en los grupos con feedback autoadministrado.

La precisión de la información aportada al sujeto puede ir enfocada bien a la magnitud del error o a la dirección de éste con respecto a los objetivos. Si bien es un

elemento importante, en nuestro caso la precisión será accesible para el sujeto a través del feedback intrínseco y los parámetros temporales de su respuesta serán medidos por un sistema automatizado validado. Para este estudio consideramos de mayor interés la precisión de la información inicial que hemos comentado anteriormente. La cantidad de la información debe ajustarse al sujeto en función de sus características y al tipo de habilidad en cuestión. Magill (1993) indica que la información debe ir referida a los aspectos relevantes de la ejecución sin necesidad de atender a todas las variables del rendimiento. Singer (1986) ha señalado que demasiada información puede dificultar el proceso de aprendizaje.

1.3.6 La automatización del control de la información

Un sistema automático es una disposición de elementos físicos conectados entre sí de manera que actúan y se autorregulan por sí mismos sin precisar agentes exteriores (Langill, 1965). Partiendo de esta tradicional definición podemos aplicar sistema automático de control de la información a la disposición de elementos interconectados que recogen información del entorno, la elaboran y la muestran por sí mismos sin agentes exteriores.

La automatización del control de la información supone la reducción del error que la labor humana produce en la recogida de los datos, en su manipulación o en su administración. Un sistema automatizado para el control de la información es una herramienta del entrenador que le permite mayor precisión en su labor y le deja más tiempo para dedicarse a otras actividades fuera de las rutinas de toma de datos o elaboración de éstos.

Basándonos en los modelos de servosistemas y siguiendo a Oña (1990), un sistema automatizado de control de la información aplicado al aprendizaje de las habilidades motoras supone los siguientes elementos o fases:

-Aporte de información inicial o feedforward, en donde se fijen los objetivos de la actividad y las pautas a seguir. Esta información puede tener un formato electrónico e incluir una simulación de la habilidad a realizar.

-Recogida de información mediante un registro directo o indirecto del movimiento y de los resultados o consecuencias que éste tienen en el medio. Diferentes periféricos adaptados a las medidas que realizan pueden estar integrados por una misma unidad central de proceso. En función de las características de los datos estos podrán ser sometidos a un proceso de amplificación, filtrado e integración si lo requieren.

-Análisis de los datos. Una vez obtenidos los datos se procederá a su análisis en función de los criterios del entrenador introducidos en el sistema y a la selección de aquellos resultados que considere relevantes.

-Presentación de los resultados al entrenador y al deportista en el formato elegido.

La aplicación de este sistema o de sistemas similares ha permitido el entrenamiento de diversas habilidades motoras cerradas en experimentos previos a este trabajo (Arellano & Oña, 1987; Oña, 1990b; Oña et al., 1990a; Oña et al., 1990b; Martín & Serra, 1990; Martínez, 1994; Oña et al. 1993). En la presente tesis doctoral pretendemos desarrollar un sistema que permita el entrenamiento de habilidades motoras abiertas basándonos en este esquema mejorándolo y ampliándolo para contemplar las características de un entorno cambiante y situaciones en las que se deba actuar en función de dicho entorno y en un tiempo limitado.

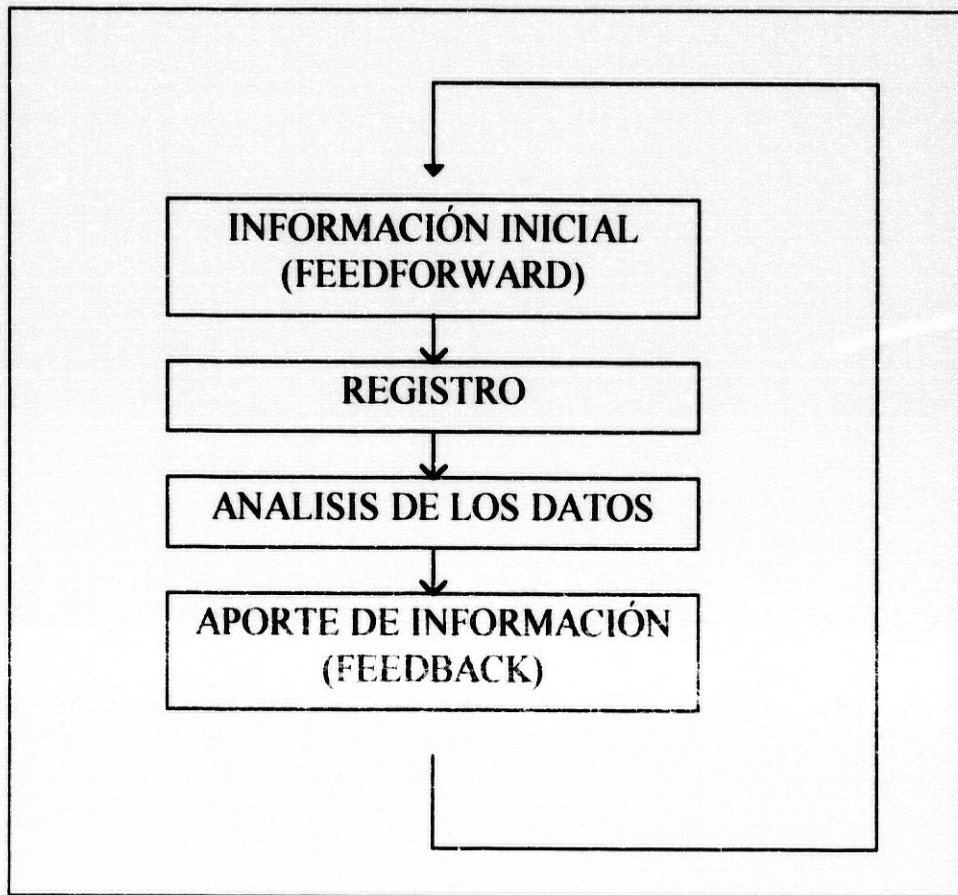


Figura 1.18: Esquema de un sistema automatizado de control de la información

1.4 LA RESPUESTA DE REACCIÓN

1.4.1 Componentes temporales de la respuesta de reacción

En numerosas actividades deportivas podemos observar cómo el factor tiempo es un elemento determinante de la eficacia y del éxito en la competencia. Realizar un gesto determinado en un tiempo limitado puede ser clave en la consecución de una meta deportiva. Esto es así en las habilidades objeto de este trabajo y por ello realizaremos una reflexión sobre las situaciones de reacción que denominaremos *respuesta de reacción*.

La Respuesta de Reacción (RR) ha sido un elemento extensamente estudiado tanto en Psicología del Deporte (ver los trabajos de revisión de Roca, 1983) como en Psicología Experimental (Tudela, 1981). Ya en el siglo XVIII se construyó un equipo para estudiar la capacidad del ser humano para reaccionar ante diferentes estímulos y se puede considerar el comienzo en la investigación sobre la RR (Singer, 1986) aunque los primeros trabajos y análisis psicológicos que utilizaron las medidas de reacción de los sujetos datan de Helmholtz en 1869 (citado por Tudela, 1981).

La RR se compone de dos parámetros que la conforman, el Tiempo de Reacción (TR) y el Tiempo de Movimiento (TM). El TR se define como el tiempo transcurrido desde la presentación del estímulo hasta el comienzo del movimiento mientras que el TM es un factor motor, una medida temporal del gesto realizado. Convencionalmente se puede medir el TM desde la aparición del movimiento hasta su finalización o hasta la finalización del gesto principal o de su primer fragmento. En la Figura 1.19 podemos ver los componentes de la RR en un ejemplo deportivo y una descripción a su vez de los componentes del TR y del periodo previo a la aparición del estímulo (preperiodo).

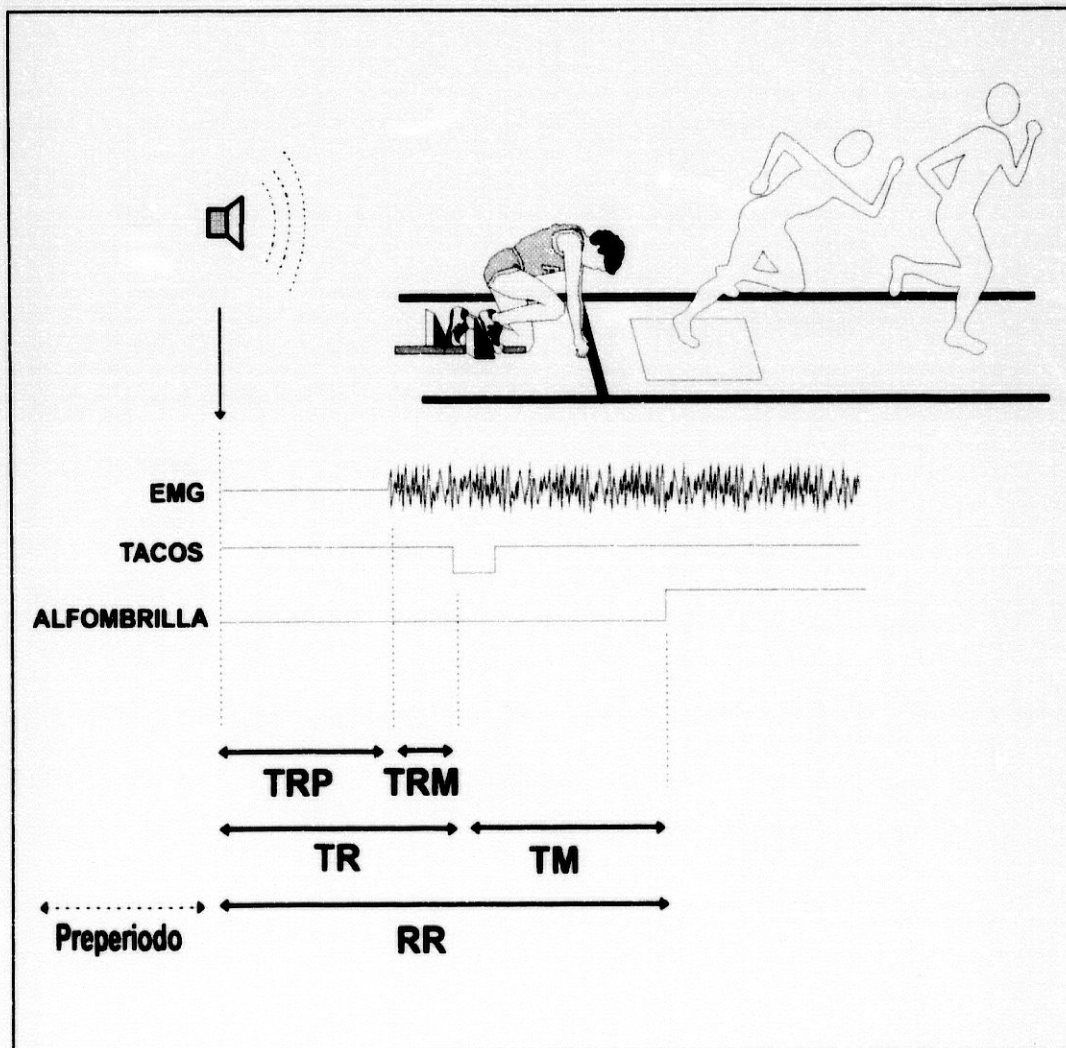


Figura 1.19: Componentes temporales de la respuesta de reacción.

Un gran número de actividades deportivas ofrecen un aviso de la aparición del estímulo (como en la salida atlética, en la que se da una señal de listos y tras un intervalo aparece el disparo, indicador de que la carrera comienza y de que el cronómetro se pone en marcha). Al intervalo temporal transcurrido entre la señal de preparados o 'warning' y el estímulo principal se le denomina, como hemos dicho anteriormente, preperiodo. Tras este preperiodo comienza a considerarse TR hasta que el movimiento del sujeto se hace aparente. En el ejemplo atlético sería el tiempo transcurrido desde el disparo de salida y hasta la impulsión en los tacos o el movimiento de los brazos. Pero previo a este movimiento se ha realizado una contracción muscular reflejada por un electromiógrafo (EMG) que ha producido posteriormente el desplazamiento. El tiempo transcurrido desde la aparición del estímulo y hasta la primera contracción muscular se entiende como Tiempo de Reacción Premotor (TRP). Desde la contracción muscular hasta la aparición de movimiento hay un retraso, un intervalo de tiempo, que denominamos Tiempo de Reacción Motor (TRM).

Los trabajos realizados en Psicología sobre TR han sido orientados por una parte hacia su valor en sí mismo como conducta concreta y por otra parte autores significativos ha utilizado el estudio del TR como instrumento explicativo de los procesos cognitivos implicados en la conducta humana. Cabe citar en este último caso los trabajos originales de Posner (1978) y su *aproximación cronométrica* que se basaron en esta diferenciación temporal del TR.

Donders (1968) utilizó la medición del TR para establecer mediante su *método sustractivo* los diferentes estadios de procesamiento de la información. Ya hemos revisado anteriormente los diferentes modelos de procesamiento de la información que han utilizado esta metodología entre otras.

1.4.2 Variables que afectan al tiempo de reacción

A la hora de estudiar aquellas habilidades en las que el TR juega un papel importante conviene resaltar las variables que le afectan.

Roca (1983) diferencia tres variables fundamentales, o dicho de otra forma, comenta tres grupos de factores. Estos son:

- a) factores relacionados con el ambiente y las características de los estímulos
- b) factores relacionados con el estado de los órganos de reacción
- c) factores relacionados con el medio social

En los primeros incluye la intensidad o la simultaneidad en la presentación del estímulo, comentando los trabajos de Sage en 1977 que observó mayores tiempos con menores intensidades estimulares. En este apartado incluye también la posición del estímulo con respecto al órgano sensorial, en este último sentido comentaremos más adelante el efecto de la compatibilidad estímulo-respuesta.

Sobre el segundo grupo de variables comenta las modificaciones del estado del organismo por diferentes causas (menstruación, ingesta de alcohol, calentamiento...) y la modalidad del órgano en cuestión como factores a considerar en el momento de la medición del TR. La edad y el sexo son incluidos en este grupo que ya fueron estudiados por Botwinick y Thompson en 1967 o Clarkson y Kroll en 1978.

Con respecto al medio social incluye la incidencia que sobre el TR pueden tener la competición, el refuerzo o el conocimiento de resultados.

De los trabajos de Hick (1952) y Hyman (1953) se concluyó que una variable a considerar es el número de alternativas estímulo-respuesta. En sus trabajos, conforme se incrementaba el número de estímulos y el número de posibles repuestas asociadas a éstos se observaba un incremento en el TR. Estas variaciones las resolvieron en una fórmula matemática que actualmente se entiende como *ley de Hick*:

$$TR = a + b (\log_2 (N))$$

Se trata de una relación logarítmica que expresa un incremento del TR cada vez que se duplica el número de estímulos donde 'N' es el número de estímulos, 'a' la

cifraron en 180ms. que era el tiempo mínimo (cuando $N=1$) y refleja la eficacia en la codificación del estímulo y la eficacia en la ejecución de la respuesta y 'b' sería la pendiente, el incremento constante (150ms.), que reflejaría las operaciones de identificación de estímulos y selección de la respuesta.

Este incremento en el número de estímulos y de respuesta no sólo afectaría a los parámetros temporales sino también a la precisión de la respuesta (Carlton, 1986).

Posteriormente se comentaron otras variables que podrían afectar al TR en contradicción a las teorías de Hick como el efecto de la práctica o la compatibilidad estímulo-respuesta.

Mowbray & Rodes (1959), por medio de una práctica exhaustiva de 42.000 ensayos obtuvieron resultados similares en situaciones estimulares diferentes con lo que observaron que habría que tener en cuenta la práctica como factor que podría ser determinante en el TR.

Por compatibilidad estímulo-respuesta entendemos que ciertos estímulos son 'compatibles' con ciertas respuestas, que existe cierta disposición a realizar una actividad o una conducta en función del estímulo que se presente. En esta línea encontramos los trabajos de Fitts & Petterson (1964) en los que hicieron coincidir el lugar de aparición del estímulo con la dirección de la respuesta uniendo el interruptor y la luz (estímulo) en el mismo objeto. Aunque encontramos trabajos con resultados contradictorios (Simon & Rudell, 1967) sobre la compatibilidad, recientemente se han realizado trabajos en esta línea (Reeve & Proctor, 1988; Dornier & Reeve, 1990).

Sobre el efecto de la aleatorización del preperiodo también se han realizado estudios concluyendo que puede ser una variable a considerar. Un preperiodo estable permite al sujeto una conducta de anticipación temporal que reduciría su TR bien por la automatización de la habilidad o con el uso de técnicas específicas como el conteo atrás (Martínez, 1994). Un preperiodo aleatorio impide esta anticipación puesto que el sujeto desconocería el momento de aparición del estímulo.

Así mismo un preperiodo muy breve o muy extenso puede afectar en el TR del sujeto. Si es muy breve impide al sujeto preparar la acción posterior y si es muy extenso la fatiga puede afectar sobre la puesta en marcha (Schmidt, 1988).

Entre otras variables cabría destacar el efecto de la pretensión muscular como factores o condiciones antecedentes al gesto (Santamaría, 1970).

1.4.3 Las situaciones de reacción específicas en habilidades motoras abiertas

Las habilidades motoras abiertas tienen una característica específica que afecta a las situaciones de reacción en las cuales se desenvuelve, la incertidumbre del ambiente. Esta incertidumbre provoca una complejidad mayor a la hora de elaborar una respuesta y, tal y como hemos visto, esto afectaría a su TR y consecuentemente a la RR.

Sobre las conclusiones de Donders (1968) podemos determinar tres tipos de TR en función de la situación estimular:

TR simple; en el que aparece un sólo estímulo que se corresponde con una única respuesta. En esta situación, y según el autor citado, sólo se pondría en marcha el proceso de detección y de ejecución de una respuesta ya previamente programada.

TR de elección; en esta situación aparecen o pueden aparecer varios estímulos y cada uno de ellos está relacionado con una respuesta distinta. El sujeto debería además de detectar el estímulo, identificarlo o discriminarlo, seleccionar la respuesta y posteriormente ejecutarla. Se incluyen en este caso los procesos de discriminación de estímulo y de selección de respuesta.

TR de selección; es una modificación de la situación anterior, ahora sólo uno de los estímulos que pueden aparecer tiene asociada una respuesta con lo que se eliminaría el proceso de selección de la respuesta. La lógica sería detección, identificación del estímulo y ejecución de la respuesta seleccionada.

Actualmente podemos encontrar trabajos que no consideran situaciones intermedias entre TR simple y de elección cuestionando el TR de selección (Gottsdanker & Tietz, 1992).

Analizando el entorno de una habilidad abierta observamos que son diversos los estímulos que pueden aparecer y de la misma forma los estímulos puede tener diferentes respuestas asociadas en función de sus características. Nos encontramos en una situación de TR de elección que requiere de los procesos cognitivos de identificación del estímulo y selección de la respuesta adecuada.

1.4.4 Sistemas automatizados para el registro y el entrenamiento de la respuesta de reacción

Ya en el apartado anterior mostramos el esquema de un sistema automatizado de control de la información. En la aplicación a situaciones de TR habría que incluir ciertas consideraciones. En primer lugar debemos poder manipular la situación estimular en la que se encuentra el deportista. Esto lo conseguiremos aportando a través del sistema el estímulo ante el cual tenga que responder y poniendo en marcha a partir de ese momento un contador de tiempo que nos permita conocer los parámetros temporales en los que se desarrolla su acción. El registro del gesto se realizará en función del tiempo transcurrido desde la aparición del estímulo.

El análisis de los datos de la acción dependerá por tanto de su valor y de su posición en el tiempo. Y la presentación de los resultados se referirá a los parámetros temporales de la respuesta de reacción que hemos expuesto.

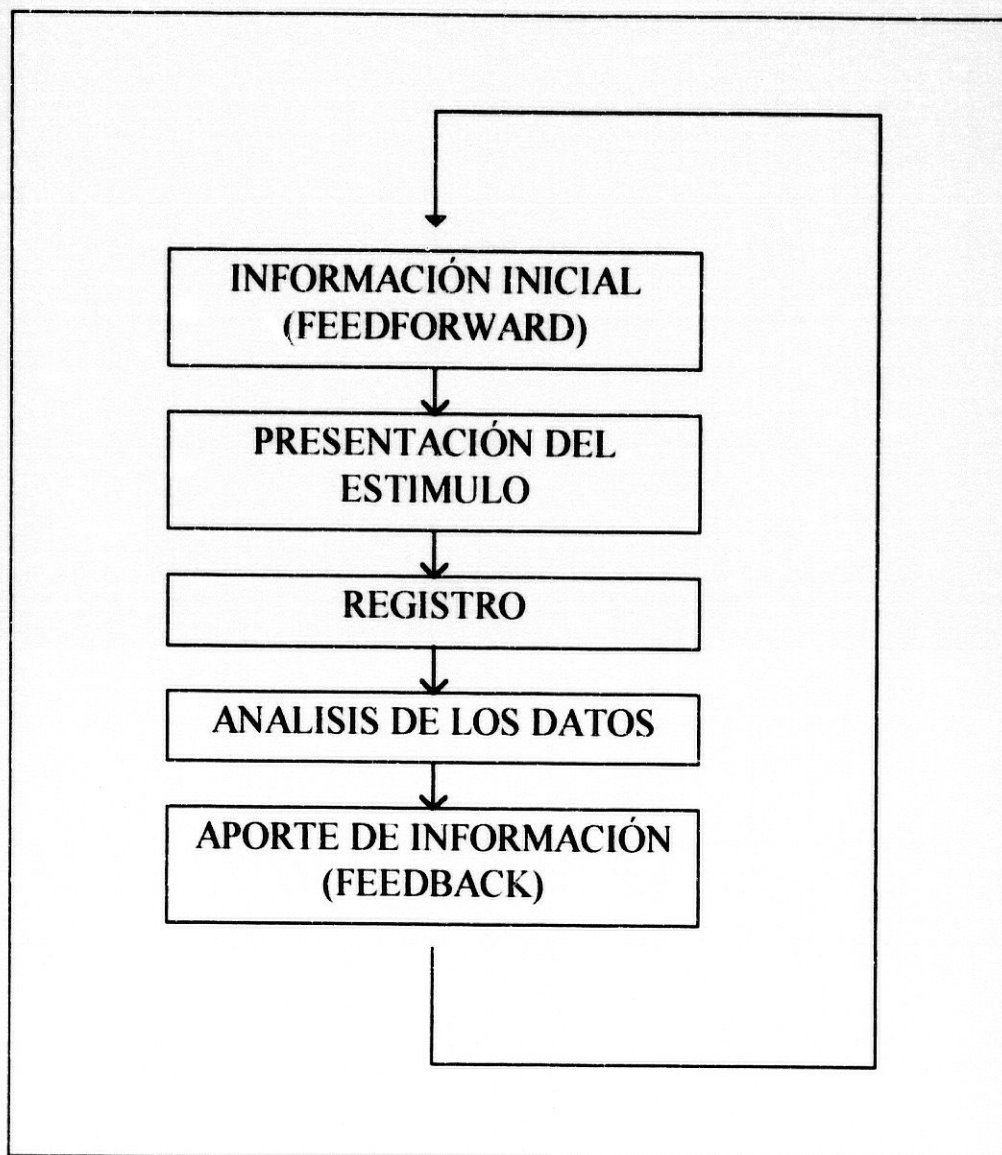


Figura 1.20: Esquema de un sistema automatizado para el entrenamiento de la respuesta de reacción

Ya desde los primeros experimentos del siglo XVIII citados por Singer (1986) se desarrollaron instrumentos para medir el TR, pero éstos no estaban integrados en un sistema automatizado para llevar a cabo un entrenamiento sino que la manipulación de los datos era manual. Posteriormente, y con la integración de los ordenadores en la experimentación sobre el movimiento humano, se han ido desarrollando herramientas

cada vez más depuradas y complejas con el objetivo de obtener datos precisos reduciendo el error e incrementando su validez y fiabilidad.

La mayor parte de las investigaciones que ahora se desarrollan sobre el TR disponen de sistemas automatizados que permiten controlar todo el proceso a través de computadoras, aunque la tecnología que se ha desarrollado hasta ahora se ha basado fundamentalmente en situaciones de TR simple (Arellano & Oña, 1987; Rossi & Zani, 1991; Martínez, 1994). Actualmente se están desarrollando algunos sistemas complejos específicos en situaciones deportivas de TR de elección como resultado del interés sobre las habilidades abiertas (Alain & Sarrazin, 1990; Christina et al., 1990; Abernethy, 1991; Taimela & Kujala, 1992; Cárdenas, 1994) y este trabajo trata de avanzar en esta línea.

1.5 LA ANTICIPACIÓN

En la actividad deportiva es frecuente observar situaciones de reacción en las que el tiempo disponible para actuar es insuficiente para realizar una acción eficaz y el deportista se ve obligado a actuar o predisponerse a actuar previamente a la culminación de la acción, por ejemplo, del oponente.

Es el caso de numerosas habilidades motoras abiertas, en las que el entorno cambiante condiciona la acción a realizar. La eficacia de la acción no sólo depende de la destreza del sujeto que reacciona sino de un carácter espacio-temporal que determinará la posibilidad o imposibilidad física de su intervención. Los casos de un portero de fútbol ante un lanzamiento desde 11 metros, de un zaguero ante un remate en voleibol o de un tenista al resto ante el saque de su oponente son ejemplos de esta situación. Y será en el último caso en el que nos centraremos posteriormente en la situación experimental en la que aplicaremos nuestro sistema.

Muchas veces la única opción de estos deportistas en estas situaciones es actuar antes de que se culmine la acción, ganar tiempo para lograr realizar un gesto completo y eficaz. A esto es lo que llamaremos anticiparse a la acción del entorno, generalmente representado por un oponente, y debe ser objeto de una revisión para conocer qué se entiende por dicha anticipación, qué modalidades existen y qué trabajos o qué técnicas se han desarrollado para su entrenamiento.

Previamente merece una mención el papel de la atención por las referencias a ella que hemos encontrado en los trabajos en anticipación. De esta forma abordaremos el problema desde una perspectiva amplia para centrarnos en el caso específico que nos ocupará durante el resto del trabajo.

1.5.1 Consideraciones sobre la atención

Los trabajos sobre modelos atencionales proceden de los estudios en psicología y sus aplicaciones a la actividad física los podemos encontrar sobre todo en textos de psicología del deporte que han dado una relevancia especial al carácter perceptivo de las habilidades motoras.

En los modelos de capacidad fija, representados entre otros por Henry (1960) y Henry & Rogers (1960), se considera la atención como un filtro físico que obliga a limitar el procesamiento de la información considerando a éste como serial y a la atención como un canal único por el que transcurren los datos procedentes del exterior. Los trabajos de Welford en 1953 (citados por Oña, 1994) que colocan este filtro antes de cualquier operación o procesamiento dan pie a esta teoría y reafirman las bases restringidas del programa motor de Henry (1960) ya comentadas en el apartado referido a los modelos de procesamiento.

Otros autores han corroborado estos modelos de capacidad fija (Broadbent, 1958; Deutsch & Deutsch, 1963; Norman 1968, 1970; Treisman, 1969) aunque distintos trabajos colocan este filtro físico en momentos diferentes del procesamiento (Figura 1.21). De todas formas mantienen los principios de canal único y procesamiento serial.

Otros modelos más flexibles aportan opciones que tratan de superar las limitaciones de los modelos de capacidad fija. De Vega (1984) lo presenta como modelos de recursos limitados en los que se considera una participación activa por parte del sujeto. Neisser (1968), habla de *esquemas anticipatorios* o de *expectativas* para rechazar la mera recepción pasiva y dar un papel relevante al sujeto en procesos que coordinan la entrada de información. En estas aportaciones como en las realizadas por Kahneman (1973) y Navon & Gopher (1979) se plantea la posibilidad de un procesamiento en paralelo frente a la secuencialización de los modelos clásicos.

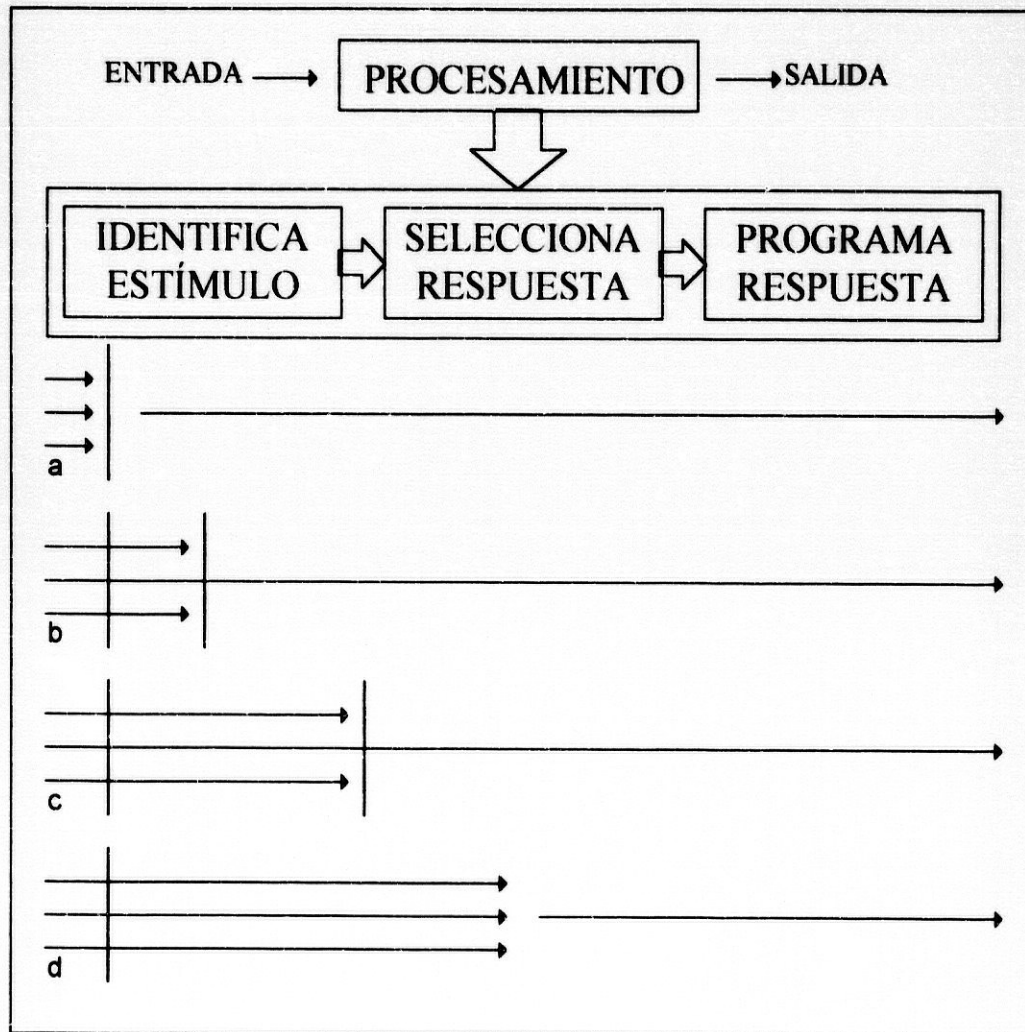


Figura 1.21: Modelos de canal único o de capacidad fija en la atención.

Los trabajos realizados sobre orientación de la atención, en los que se plantean cuestiones como la orientación hacia el estímulo o a la respuesta (*sensory-set* y *motor-set*) procedentes de los trabajos de Henry (1960) y su *preparatory-set*, nos dan información sobre estrategias atencionales que pueden optimizar el rendimiento en habilidades que implique situaciones de tiempo de reacción. Los datos originales parecen

demostrar que la atención al estímulo consigue mejores resultados y TR menores lo cual reafirmaría la teoría de canal único de la atención y el programa restringido.

Pero estudios posteriores en los que se incluyeron situaciones de orientación atencional integrada, al estímulo y a la respuesta, (Inomata, 1980; Arellano & Oña 1987; Oña, 1989, 1990b) destacan la posibilidad del procesamiento paralelo y de la atención hacia diversos elementos del entorno y de nuestra propia acción. Aparte de estos autores, trabajos anteriores pusieron en cuestión los datos de Henry encontrando diferentes resultados en TR y TM (Christina, 1973), no encontrando diferencias significativas ni para TR ni para TM (Krahenbuhl et al., 1975) o valorando otros factores como la complejidad (Wrisberg & Pushkin, 1976) o la intensidad del estímulo (McGrown, 1976).

La atención selectiva sin embargo la menciona Sánchez (1992) como un elemento en el aprendizaje de habilidades abiertas. Considera que "toda tarea con un alto componente perceptivo necesita que por parte del individuo se efectúe una estimación del alcance que en relación con la ejecución de la tarea tienen una serie de estímulos allí presentes" (p. 63). Los trabajos de Arend (1980) expresan una estrategia en la que el aprendizaje de esta habilidades comprendería dos fases: la primera en la que el deportista debería aprender a familiarizarse con las peculiaridades perceptivas de la actividad a realizar desarrollando progresivamente su capacidad de "atención selectiva", en la segunda fase es cuando se introduciría la ejecución de la habilidad.

Podemos encontrar otros trabajos sobre orientación de la atención hacia objetivos específicos como un elemento facilitador del TR como el estudio de Castiello & Umiltà (1992) sobre jugadores de voleibol.

En nuestro caso, los deportistas ya tienen un nivel de destreza sobre la habilidad a desarrollar y, como veremos en los trabajos que mas adelante expondremos, los deportistas expertos tienen una mayor capacidad para dicha atención selectiva, por la "familiaridad" con la habilidad.

1.5.2 Modalidades de anticipación

Ya hemos tratado de aproximar el término de anticipación que define Sánchez (1992) como *la acción propia originada en una interpretación perceptiva correcta de los estímulos ocasionados en el entorno antes de que el resultado de estos se materialice* (p.66). Por lo tanto consideraremos anticipación aquellas respuestas que se producen previamente a la aparición del estímulo principal. Esto tiene dos consideraciones, en primer lugar la respuesta puede producirse antes de la aparición del estímulo aunque se haga patente después de éste. De los estudios sobre el TR se concluye que se requiere un tiempo de procesamiento y de puesta en marcha tras la aparición del estímulo. Considerando que el TR más rápido se mueve alrededor de los 170ms. (Sage, 1977) con unos valores de dispersión por lo general no superiores a 30ms. (Roca, 1983) podemos entender que valores de TR menores de 150 sean resultado de una labor de anticipación aunque la respuesta se manifieste tras el estímulo. En segundo lugar cuando hablamos de estímulo principal nos referimos al estímulo que es causante de la modificación en el medio o de la propia alteración del medio que requiere una intervención del deportista. Aquellos estímulos que puedan dar información sobre la posterior acción del oponente o sobre la modificación que se va a producir en el entorno del deportista no los consideraremos estímulo principal sino como otra serie de índices que estudiaremos posteriormente.

El interés por el estudio de la anticipación no es reciente, Poulton en 1957 (citado por Abernethy, 1987) ya expresó en sus trabajos sus conclusiones sobre el fenómeno de la anticipación diferenciando tres tipos: anticipación *efectora*, *receptora*, y *perceptiva*.

La anticipación *efectora* consiste en la predicción por parte del ejecutante del tiempo que va a conllevar su propia acción. Para llevar a cabo una labor eficaz, el deportista debe ajustar el tiempo de su acción al tiempo que ésta acción le va a costar. Así deberá comenzar su acción considerando cuanto tiempo va a tardar en realizarla.

La anticipación *receptora* se basa en la predicción de la duración de la acción del oponente o de la alteración del medio desde su comienzo hasta el punto en el que el

propio sujeto debe actuar. En la intercepción de un lanzamiento el deportista debe predecir la duración del vuelo del móvil para ajustar su movimiento.

La unión de estos dos aspectos, a la anticipación sobre su propia acción (*efectora*) y sobre la duración de ciertos eventos externos (*receptora*) es denominada como anticipación coincidente, intercepción o *coincident timing* (ver también Kerr, 1982 y Roca, 1983).

Por último, la anticipación *perceptiva* se refiere a la identificación por parte del ejecutante de cierta regularidad en la aproximación de estímulos que traen como consecuencia la acción final y a través de éstos predecir la aparición de dicha acción antes de que suceda. Un portero de fútbol debería en este caso observar las acciones que el lanzador realizará previas al golpeo para así poder predecir la dirección del balón una vez golpeado.

Otra clasificación sobre la anticipación diferencia la anticipación temporal y espacial (Schmidt, 1988).

La anticipación temporal supone por parte del sujeto el ajuste de la respuesta al momento de aparición del estímulo. Esto es predecir la duración del preperiodo y ajustar su propia acción a dicho espacio de tiempo. Por tanto el estudio de dicho preperiodo es fundamental para el análisis de este tipo de anticipación. Los preperiodos aleatorios obtienen valores de TR superiores a los de preperiodos constantes (Quesada & Schmidt, 1970) y son resultado de estrategias anticipatorias como el conteo atrás que permiten predecir el momento de la aparición del estímulo (Simon & Slaviero, 1975, Martínez, 1994). Es evidente que estas estrategias son válidas en situaciones de TR simple, en las que puede aparecer un sólo estímulo que conlleva una sola respuesta, y la predicción del momento de aparición del estímulo permite la programación previa de la respuesta.

La anticipación espacial conlleva la predicción del tipo de estímulo que va a mostrarse, su localización y la acción que conlleva. Esta modalidad de anticipación está relacionada con la anticipación *perceptiva* comentada, ya que considera las acciones previas para conseguir información que puedan ayudar a predecir las circunstancias de la situación de reacción y por tanto anticiparse. En acciones en las que están involucradas habilidades motoras abiertas podemos encontrar estrategias de anticipación espacial o

más correctamente espacio-temporal dada la incertidumbre del entorno de la variedad de estímulos que se presentan y de las múltiples respuestas que se requieren en función de las condiciones del medio y de sus variaciones. Las técnicas de preíndices y las diferencias entre atletas expertos y noveles para identificar información relevante son aspectos del siguiente apartado.

1.5.3 Consideraciones a la técnica de preíndices en la anticipación espacial

Si tenemos en cuenta que las variaciones del entorno y la aparición de estímulos relevantes en situaciones de reacción se dan en un breve lapso de tiempo, la capacidad del sujeto para percibir toda la cantidad de estímulos que aparecen está limitada. Por ello una de las primeras consideraciones para analizar la información relevante previa a la acción de, por ejemplo nuestro oponente, es reducir la información redundante. Esta información redundante es aquella que no aporta datos válidos para anticiparnos a la acción. Las diferencias entre sujetos para identificar índices realmente válidos reside en la destreza de éstos para eliminar la información redundante y ésta está relacionada con la experiencia en dicha habilidad (Abernethy, 1987).

Una gran parte de los experimentos realizados sobre anticipación espacial o perceptiva se ha realizado mediante la técnica de oclusión en deportes de enfrentamiento. En ésta a los deportistas sólo se les permite observar los movimientos iniciales del oponente eliminando la secuencia de la fase final que supone el resultado de su acción. Los deportistas debían responder por tanto con información que no procedía de la culminación de la acción del oponente sino que debían anticiparla. Comparando sujetos expertos y noveles parece que la experiencia en la tarea objeto desarrolla la capacidad para reconocer índices válidos para anticipar la acción (ver la revisión de Abernethy, 1987; y también Howarth et al., 1984; Abernethy & Russell, 1984; Nettleton, 1986; Goulet et al., 1987; Konzag, 1989; Abernethy, 1991).

Aparte de la técnica de oclusión temporal hay que resaltar las investigaciones basadas en la técnica de preíndices (*precuing technique*) que consisten en dar información al deportista sobre los índices previos al estímulo principal (preíndices) a través de los cuales puede predecir el comportamiento del oponente o del medio en general.

Rosenbaum (1980) en un experimento en el que utilizó como variable dependiente el TR de elección, dio información a los sujetos sobre el lugar en el que iba a aparecer el estímulo y sus características, observando que de esta forma reducía los resultados de TR. Otros trabajos como los de Zelaznick & Hahn (1985) han ido en esta línea investigando el efecto de preíndices en habilidades motoras (ver también Larish & Frekany, 1985; Dornier & Reeve, 1990).

Cuando hablamos de anticipación también hay que comentar el efecto que se ha dado en llamar *costo de la anticipación incorrecta* (LaBerge, 1973) producto de un reconocimiento erróneo de los preíndices o de preíndices falsos. Schmidt & Gordon (1977) y Proteau et al. (1989) mostraron en sus trabajos cómo la información errónea sobre preíndices incrementaba el TR incluso por encima de situaciones neutras.

El uso de preíndices en actividades deportivas con habilidades motoras abiertas en las que aparezca un oponente, como en nuestro caso, conlleva previamente un análisis de la acción de este oponente. Este análisis servirá para determinar qué acciones o qué movimiento previos pueden considerarse preíndices válidos y cuáles no aportan información relevante para anticiparse a su acción. El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido analizar el movimiento de un deportista con precisión y de esta forma determinar la información relevante que, como preíndice, es útil a un posible oponente.

1.5.4 Soluciones tecnológicas para la detección de preíndices

La detección de preíndices supone un proceso laborioso de estudio de las condiciones del entorno previas a la aparición del estímulo. En el caso que nos ocupa estudiaremos habilidades motoras abiertas en las que la acción de un contrincante determinará la respuesta del sujeto. Bajo esta perspectiva, el análisis del oponente será una pieza clave.

Si consideramos que un preíndice es, como hemos visto, una variación en el entorno que nos informa sobre lo que va a ocurrir posteriormente, una solución sería detectar qué movimientos o qué acciones realiza el oponente antes de culminar la ejecución del gesto que va a conllevar una respuesta por parte del deportista frente a él.

En los trabajos sobre anticipación se ha observado que un jugador experto tiene más capacidad para anticiparse reaccionando antes de la culminación de la acción de su oponente por su mayor capacidad para detectar preíndices que le informen sobre el resultado de dicha acción (ver Abernethy, 1987) pero lo que nosotros planteamos es que un técnico pueda detectar científicamente dichos preíndices para adiestrar a sus pupilos en el reconocimiento de éstos.

Esto lo tratamos de lograr en este trabajo mediante el análisis biomecánico del gesto del deportista ante el que debemos actuar. Un análisis sobre un número determinado de acciones podría informarnos qué gestos o acciones se realizan con una significativa frecuencia antes de la acción final y que determinan ésta. Incluso podríamos concretar si estas acciones son susceptibles de ser percibidas por la posición en la que se encuentra el sujeto.

Este análisis, por sus características, debe ser específico de cada caso, no sólo en cada actividad deportiva o cada gesto, en el que será el entrenador el que oriente cuáles podrían ser los posibles preíndices por su conocimiento técnico, sino que pueden ser diferentes para cada sujeto. Nosotros sólo pretendemos desarrollar un sistema que, determinando dichos preíndices, permita el entrenamiento de habilidades motoras

abiertas en situaciones de reacción con un sistema automatizado. Posteriormente dedicaremos un capítulo a la exposición de la metodología que seguimos para determinar los preíndices utilizados en la aplicación experimental del sistema.

1.6 INTRODUCCIÓN A LAS HABILIDADES MOTORAS ABIERTAS EN TENIS

1.6.1 Las habilidades motoras abiertas en tenis

Recordando las definiciones sobre habilidad motora y las clasificaciones que de ésta hacían los diferentes autores hemos de considerar que la disciplina deportiva del tenis puede ser un buen ejemplo sobre el cual aplicar los sistemas desarrollados en el entrenamiento de habilidades motoras abiertas.

Vamos a analizar algunos aspectos sobre el tenis que nos ayuden a considerarlo como un deporte con un alto porcentaje de habilidades abiertas. La estabilidad del entorno era el factor determinante en este tipo de habilidades ya que se definían por la incertidumbre de éste. En el tenis el espacio de juego es fijo y estable a lo largo de todo el transcurso del encuentro, en la Figura 1.22 podemos ver un esquema con las dimensiones del terreno. La incertidumbre por tanto no puede proceder del espacio físico que rodea al deportista, procede de la acción del adversario y las evoluciones del móvil. En ocasiones pueden afectar circunstancias como el estado del piso, sobre todo en tierra batida o en hierba, condiciones climatológicas en pistas descubiertas, o la conducta del público cuando hay. Pero no nos vamos a centrar en ello sino en las modificaciones que encuentra el deportista a su alrededor producto de las acciones del oponente y de las características de la trayectoria de la pelota.

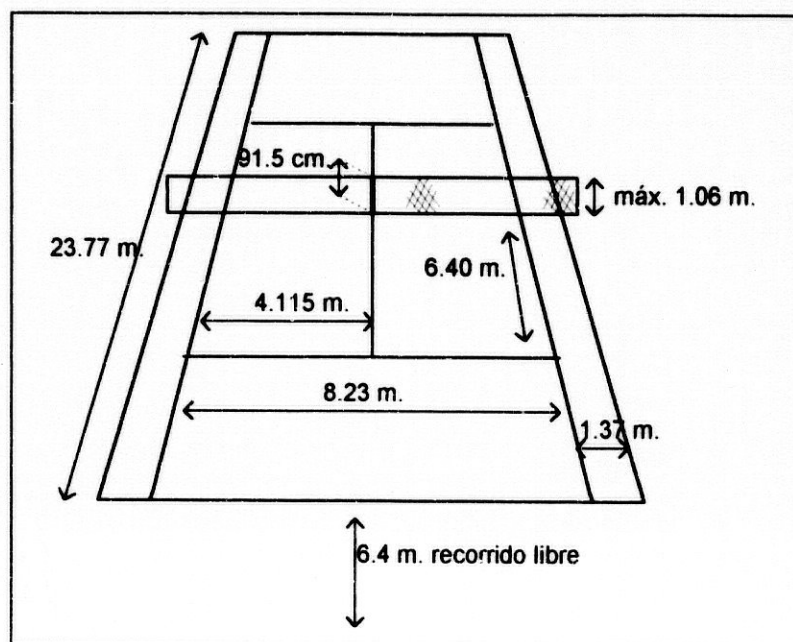


Figura 1.22: Dimensiones de la pista de tenis.

Cada golpe, cada acción, estará condicionada y deberá ajustarse a las necesidades peculiares de ese momento. Se trata de un deporte de enfrentamiento en el que dos sujetos alternativamente actúan según sus posibilidades para intentar que el contrario no consiga introducir la pelota en el terreno. Una volea, un remate, o cualquier habilidad de este deporte se puede considerar como abierta y será difícil observar dos acciones iguales porque será también difícil que un jugador se encuentre ante dos situaciones iguales.

Existe una excepción, y es el saque. El saque es una acción deportiva en tenis que se puede considerar más próxima a una habilidad cerrada. La trayectoria de la pelota está determinada por el propio jugador, que la lanza en el momento que desea a una velocidad predeterminada y con una trayectoria conocida. El movimiento del saque puede estar automatizado para lanzar una pelota a un punto determinado del campo contrario. Por supuesto no lo podemos entender en términos absolutos sino dentro del continuo abierto-cerrado ya que siempre existe una cierta incertidumbre, desde la

variabilidad del impulso (Newell & Carlton, 1985; Sherwood et al., 1988), que hace que cada movimiento sea diferente de otro, hasta los condicionantes atmosféricos, la localización del oponente en el campo, o la situación de juego en ese instante. Con todo, el saque tiene unas características que le dan un carácter cerrado con respecto al resto de habilidades del tenis, que lo podríamos considerar como predominantemente abierto.

1.6.2 El resto como habilidad abierta

El saque es considerado por los expertos como la acción quizás más importante del juego (Piacentini & Missaglia, 1984; Muela, 1985; Jones, 1986). Es un gesto que consigue darle gran velocidad a la pelota determinando la iniciativa de las acciones siguientes. Por su carácter cerrado el deportista puede conseguir una alta consistencia en su realización y por tanto su dominio es accesible mediante el entrenamiento sistemático y la automatización. Por condicionantes reglamentarias propias del tenis, con un saque perfecto (entendiéndolo como aquel que consigue punto) no es posible perder el encuentro, con lo que tácticamente tiene gran importancia.

En contraposición, el movimiento y el golpeo que realiza el deportista ante un saque y con la intención de introducir la pelota de nuevo en el campo contrario es lo que se entiende como *'resto'*.

Un resto es una habilidad que se encuentra condicionada por la acción del oponente en su saque, de la trayectoria de la pelota y de su velocidad. Las características de la acción en cada resto dependerán de si el lanzamiento es a la derecha o a la izquierda, de si la pelota viene con más o menos velocidad, de si el contrario se desplaza hacia la derecha, hacia la izquierda o avanza, con lo que el resto será diferente en función de todos estos factores. Estas características que definen un entorno variable

alrededor de la acción de devolver un saque hace que consideremos el resto como una habilidad motora abierta.

Por otro lado, y como hemos dicho anteriormente, el saque imprime una gran velocidad a la pelota y deja al oponente en una situación en la que el tiempo es un factor limitante de su técnica. Para golpear correctamente la pelota que procede de un saque (y no sólo en el saque sino en cualquier golpeo) no basta con tener capacidad para hacerlo y disponer de la habilidad necesaria sino que hay que llegar al punto donde está la pelota con el tiempo necesario para una ejecución correcta. Sólo entonces podrá el sujeto hacer uso de su habilidad e impactar la pelota con su raqueta.

El jugador debe de tratar de reaccionar lo antes posible para disponer del máximo intervalo de tiempo para realizar su acción. El jugador al saque puede lanzar la pelota más hacia la derecha o a la izquierda, y conforme más cerca de la línea bote la pelota, más distancia tiene que recorrer el jugador al resto y por tanto menos tiempo para realizar su acción. Es por esto por lo que el análisis del saque de nuestro oponente tiene una especial relevancia y según las teorías de anticipación vistas habría que estudiar posibles preíndices que podrían dar información sobre la dirección del saque. Esta preocupación no es nueva ya C. Jones (1968) comentaba sobre el resto: *"hay que mantenerse mentalmente alerta porque de esta manera es posible descubrir ciertos indicios que permiten saber dónde va a ir la pelota aún antes de que el adversario efectúe el golpe... El éxito del resto como del saque, depende del dominio de la técnica, de la capacidad analítica, de la iniciativa y de la imaginación"* (p. 72). En nuestro caso nos centraremos sobre esa capacidad analítica y esa iniciativa que permitirá una anticipación a la acción del oponente.

Algunas de las diferencias observadas entre jugadores expertos y principiantes en tenis con respecto a la recepción del saque han sido la capacidad de atención selectiva a los índices relevantes, la reducción de información redundante, su reacción ante el golpeo de la pelota y la predicción de su trayectoria. (Jones & Milles, 1978; Isaacs & Finch 1983; Goulet et al. 1989; Goulet et al. 1992; Singer et al., 1996). Actualmente se desarrollan sistemas de entrenamiento y metodologías didácticas encaminadas en estos objetivos (Adam, 1995).

La importancia del resto no le viene de por sí, sino a través de la importancia del saque. Si hemos dicho que un saque es una pieza clave para el éxito, el resto es un medio para evitar el éxito del contrario y favorecer el propio. El dominio del resto permite ganar los juegos que se desarrollan con el saque del contrario. Reglamentariamente es necesario ganar algún punto con el saque del contrario para vencer en el partido.

Resumiendo, consideraremos el resto como una habilidad motora abierta que se da en una situación de tiempo de reacción de elección y con una importancia tal que merece un estudio concreto y su entrenamiento específico. Es por ello el resto el objeto de aplicación del sistema desarrollado para esta tesis doctoral.

1.7 OBJETIVOS

Atendiendo al planteamiento realizado proponemos un trabajo de análisis exhaustivo en dos aspectos claves para el entrenamiento de las habilidades motoras abiertas:

- La presentación del estímulo: Incrementando paulatinamente la complejidad de éste hasta conseguir una simulación del juego real.

- La administración de la información no sólo referida a los datos resultantes de los parámetros temporales de la respuesta de reacción sino la administración de estrategias y pautas que incrementen la eficacia del gesto motor en dos sentidos: reduciendo el tiempo necesario para efectuar el movimiento y reduciendo la tasa de error en las decisiones.

Por tanto los objetivos de esta tesis doctoral son:

- 1 Desarrollar un sistema automatizado de registro de la respuesta motora de reacción de elección por medio del software específico y el instrumental necesario para aplicarlo al entrenamiento de habilidades motoras abiertas.
- 2 Desarrollar un sistema de simulación computarizado para permitir la emisión de señales visuales y sonoras que se aproximen a la situación de juego real.
- 3 Elevar la eficacia de la respuesta de reacción en situaciones de elección a través del entrenamiento en la detección de preíndices significativos en el entorno del deportista.
- 4 Analizar los posibles preíndices en una tarea deportiva de saque en tenis que permitan el entrenamiento en la anticipación a la aparición de estímulos.

- 5 Aplicar el sistema automatizado de control de la información para la optimización de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en la situación de la devolución del servicio en tenis a partir de la información sobre los preíndices analizados.

- 6 Comprobar la eficacia de un programa de entrenamiento a través del sistema de simulación asistido por computadora para la mejora de la eficacia del resto en tenis.

2. ANÁLISIS DEL SAQUE EN TENIS PARA LA
DETERMINACIÓN DE PREÍNDICES

2.1 INTRODUCCIÓN

Tal y como hemos comentado anteriormente, una de las premisas para el entrenamiento del resto a través de un sistema automatizado de simulación es el análisis del saque del oponente.

Podemos observar básicamente tres modalidades de saque en función del tipo de impacto que imprime a la pelota mayor o menor grado de rotación. En la Figura 2.1 podemos observar las rotaciones estándar reflejadas en los ejes de un plano perpendicular al vector velocidad de la pelota (Durey & Journeaux, 1995). De la combinación de estos efectos dados a la pelota en el servicio se diferencian básicamente tres tipos de saque: plano, liftado, y cortado (Muela, 1985). Aparte de estos, el jugador puede efectuar saques con impactos que provoquen efectos intermedios y estos dar resultados diferentes. La rotación que la raqueta produce en la pelota ocasiona que la velocidad del aire sea diferente a los lados de la pelota, y estos cambios de velocidad del fluido hace variar la presión a los lados (o por encima o debajo según la rotación) provocando cambios en su trayectoria aérea. A esto se le ha llamado fuerza de sustentación o efecto Magnus (White, 1986; Kao et al., 1994) y es la causa por la que los tenistas realizan estos movimientos, para modificar la trayectoria (y el bote posterior) de la pelota consiguiendo ángulos mayores.

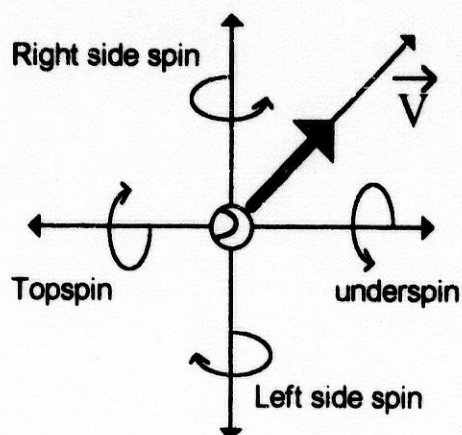


Figura 2.1: Definición de las rotaciones estándar de la pelota en el plano perpendicular al vector velocidad de la pelota.

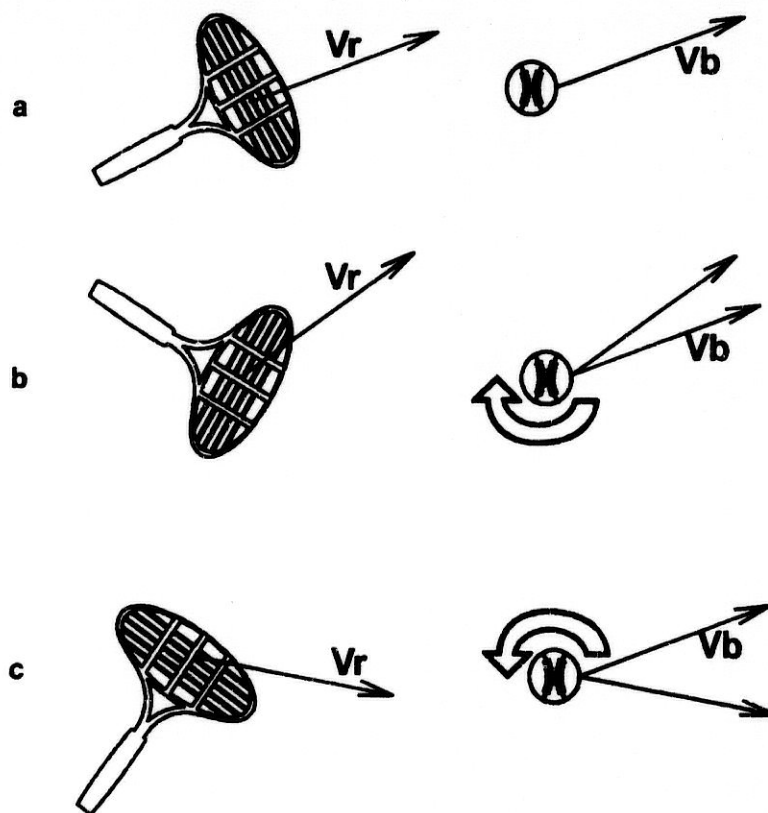


Figura 2.2: Producción del efecto de la pelota: (a) sin efecto, (b) efecto liftado, (c) efecto cortado. (V_r . velocidad de la raqueta antes del impacto; V_b . velocidad de la pelota tras el impacto. (Tomado de Durey & Journeaux, 1995)

Por otro lado, el jugador al saque tiende a lanzar la pelota cerca de las líneas laterales y de la línea de fondo de la zona de saque. Esto da una mayor efectividad al saque y proporciona ventaja dificultando la devolución de la pelota por parte del oponente al resto (Jones, 1971, 1986). Esta dificultad viene dada por la alta velocidad de la pelota y la incertidumbre que provoca no conocer hacia dónde va a lanzar la pelota el jugador al saque.

Ya que nuestro objetivo es delimitar una tarea concreta y estudiar sobre ella los diferentes preindices y la posibilidad de una anticipación, escogeremos una técnica de saque y analizaremos las posibles variantes basadas en el lugar hacia donde lanzará la pelota.

Analizaremos el saque liftado ya que es utilizado generalmente como técnica de segundo saque (Durey & Journeaux, 1995; Muela, 1984; Arranz et al., 1993) y tiene unas características que le hacen adecuado para este estudio. El segundo saque es consecuencia de un fracaso en el saque anterior y puede suponer, en caso de repetir el error, la pérdida de un punto. Este riesgo puede ser el que provoque que los jugadores tiendan a utilizar un gesto más automatizado y con menos 'efecto'. En estas situaciones, un segundo saque liftado ofrece una trayectoria curva y lenta con un bote largo y bajo que permite lanzar buscando el bote cerca de las líneas (Piacentini & Missaglia, 1984).

Un análisis biomecánico mediante técnicas cinemáticas tridimensionales nos permitirá conocer las características del gesto para identificar las trayectorias de los diferentes segmentos del cuerpo o las velocidades que éstos alcanzan en determinados puntos. Anteriores análisis tridimensionales realizados sobre el saque en tenis se han basado en el análisis de filmaciones a diferentes frecuencias desde 24 f.p.s. hasta 100, 200 o 400 f.p.s. en función del tipo de estudio sobre trayectorias, velocidades, aceleraciones o incluso deformaciones de materiales (Van Gheluwe & Hebbeling, 1983; Hay & Reid, 1982 ; Elliot et al., 1986; Hatze, 1994; Durey & Journeaux, 1995; Elliot et al., 1995).

En este caso nos centraremos en estudiar aquellas trayectorias que, siendo visibles para el jugador al resto, puedan ser significativamente diferentes en distintos lanzamientos. Es decir, trataremos de determinar preíndices que revelen la dirección de la pelota tras el impacto con la raqueta en saques liftados hacia la derecha o hacia la izquierda, ya que un conocimiento previo al golpeo del lugar hacia donde se va a dirigir la pelota aportará una ventaja al jugador al resto. Esto será así cuanto más a la derecha o a la izquierda lance la pelota el jugador al saque. La solución ante los lanzamientos al centro no será tanto una cuestión de tiempo y de anticipación como de técnica en el golpeo pero para tener una referencia en el análisis se estudiarán las características del lanzamiento al centro de la zona de saque.

2.2 MÉTODO

Para el análisis de gesto de saque liftado se seleccionó un jugador diestro de 18 años de primer nivel regional.

Los movimientos fueron registrados por tres cámaras de vídeo que filmaron simultáneamente con una frecuencia de 50 imágenes por segundo. La disposición de estas cámaras se muestra en la Figura 2.3. Dos se colocaron orientadas hacia el sujeto para efectuar el posterior análisis, una de ellas (V_2) situada en el lateral correspondiente al brazo ejecutor (derecho) y la otra (V_1) frente al sujeto.

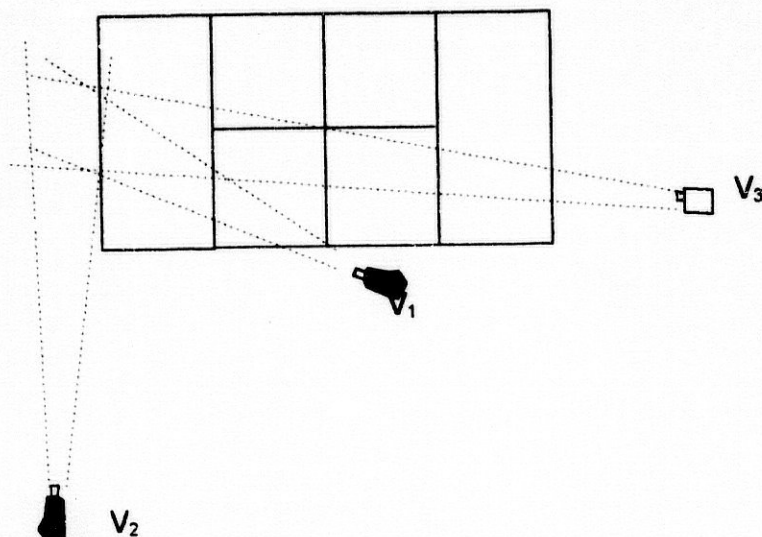


Figura 2.3: disposición de las cámaras de filmación del saque.

Una cámara frontal (V_3) registraba la trayectoria de la pelota para discriminar la dirección hacia la que se realizaba el saque. Esta cámara se protegió tras una tela metálica para evitar impactos de la pelota.

El modelo humano diseñado para el análisis se define por 15 segmentos y utiliza los parámetros inerciales aportados por De Leva (1994), de ahí que se hayan establecido los segmentos y localizaciones puntuales definidas por este autor para el modelado del cuerpo humano, así como otras localizaciones necesarias para la determinación de los parámetros derivados del implemento deportivo que en nuestro caso son la raqueta y la pelota.

La digitalización y almacenamiento de las coordenadas planas correspondientes a los 26 puntos que componen la estructura definida se realizó mediante el programa informático CIBORG desarrollado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada en el laboratorio de biomecánica (Gutiérrez y col., 1990; Soto, 1995). A los 21 puntos que definen el modelo humano se le sumaron 5 puntos más pues se digitalizaron la nariz (para conocer la orientación de la cabeza), la raqueta (tres puntos) y la pelota.

Los datos correspondientes a las coordenadas planas de los puntos digitalizados de cada una de las películas fueron suavizados, interpolados y sincronizados con un intervalo de tiempo de 0.005s., mediante la técnica de Splines de quinta potencia (Gutiérrez y col., 1990).

Se obtuvieron las coordenadas espaciales de cada uno de los 26 puntos digitalizados, utilizando para ello las técnicas de transformación lineal directa (DLT) descritas por Abdel-Azir y Karara (1971).

Por último se utilizaron diferentes rutinas de cálculo que nos permitieron determinar el Centro de Gravedad con la utilización de los parámetros inerciales propuestos por De Leva (Gutiérrez y col., 1990).

Para homogeneizar el color de fondo y facilitar el proceso de digitalización se colocó un telón verde tras el sujeto que cubría el fondo de la pista. El jugador vestía camiseta blanca de manga corta, pantalón corto, y se colocaron distintivos blancos adhesivos en la raqueta para mejorar su visualización.

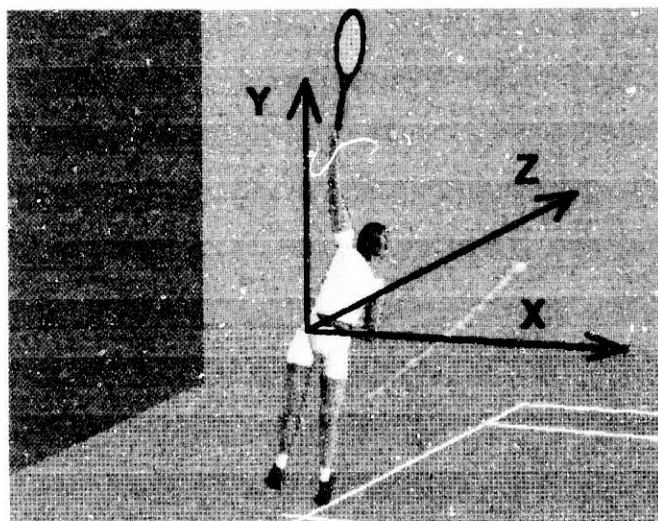


Figura 2.4: Localización del jugador con la definición de los ejes de referencia.

Se le solicitó al sujeto que realizara saques liftados a las posiciones que se indicaron. En la Figura 2.5 se observan las tres trayectorias que se le solicitaron al sujeto. Se realizaron 3 series de 5 lanzamientos a cada posición.

Los datos correspondientes a las coordenadas planas de los puntos digitalizados de cada una de las películas fueron suavizados, interpolados y sincronizados con un intervalo de tiempo de 0.005s, mediante la técnica de Splines de quinta potencia (Gutiérrez y col., 1990).

Se obtuvieron las coordenadas espaciales de cada uno de los 26 puntos digitalizados, utilizando para ello las técnicas de transformación lineal directa (DLT) descritas por Abdel-Azir y Karara (1971).

Por último se utilizaron diferentes rutinas de cálculo que nos permitieron determinar el Centro de Gravedad con la utilización de los parámetros inerciales propuestos por De Leva (Gutiérrez y col., 1990).

Para homogeneizar el color de fondo y facilitar el proceso de digitalización se colocó un telón verde tras el sujeto que cubría el fondo de la pista. El jugador vestía camiseta blanca de manga corta, pantalón corto, y se colocaron distintivos blancos adhesivos en la raqueta para mejorar su visualización.

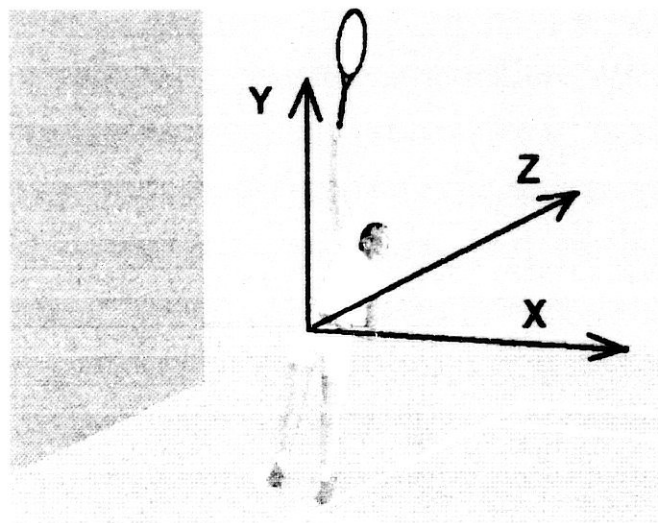


Figura 2.4: Localización del jugador con la definición de los ejes de referencia.

Se le solicitó al sujeto que realizara saques liftados a las posiciones que se indicaron. En la Figura 2.5 se observan las tres trayectorias que se le solicitaron al sujeto. Se realizaron 3 series de 5 lanzamientos a cada posición.

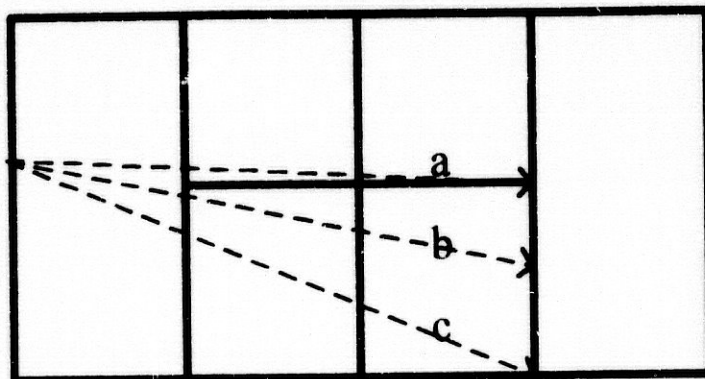


Figura 2.5: Trayectorias de la pelota

Se seleccionaron 3 saques hacia la derecha y 3 saques hacia la izquierda atendiendo a la proximidad de la trayectoria conseguida por el jugador al saque a la solicitada en cada ocasión. Se seleccionó un saque al centro de la zona de saque para tomarlo como referencia en el análisis.

2.3 RESULTADOS

En la Figura 2.6 y en la Figura 2.7 se observan una gráficas del desplazamiento de la pelota en el plano frontal desde el momento en el que sale de la mano hasta que es impulsada por la raqueta. Se puede diferenciar el desplazamiento sufrido en la pelota en los golpes hacia la derecha y hacia la izquierda.

En la Figura 2.8 se refleja el ejemplo de dos posiciones en el momento del impacto cuando la pelota se desplazará hacia la derecha y hacia la izquierda destacando la posición de la pelota con respecto a la cabeza del ejecutante.

Las diferencias entre los lanzamientos a la derecha y a la izquierda en los instantes previos al impacto se han mostrado significativas con valores de $t=21,34$ y $p<0,001$.

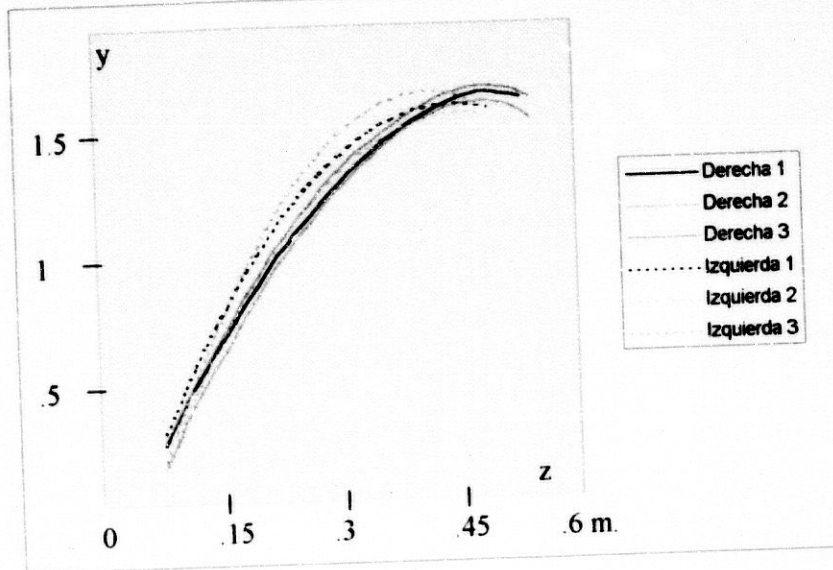


Figura 2.6: Representación en el plano frontal del desplazamiento de la pelota hasta el momento del impacto en los lanzamientos analizados.

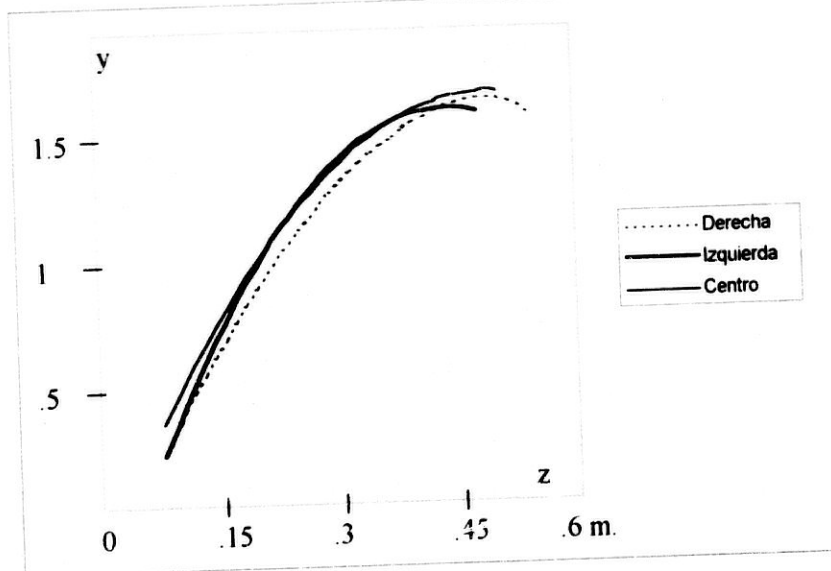


Figura 2.7: Desplazamiento de la pelota en el plano frontal representado por las medias de los lanzamientos a la derecha e izquierda. Se incluye la representación del desplazamiento de la pelota en el lanzamiento al centro.

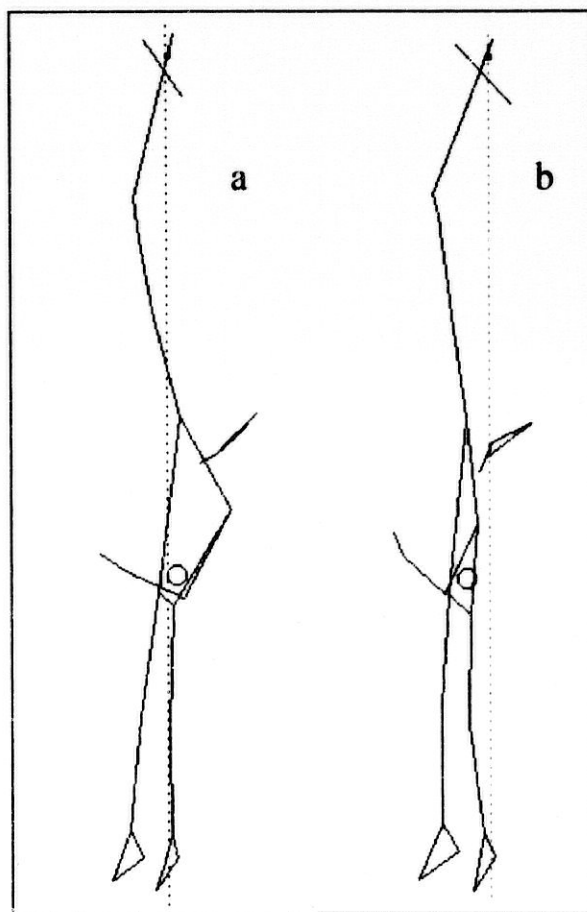


Figura 2.8: Posición en el momento del impacto en un lanzamiento a la derecha (a) e izquierda (b). La línea discontinua indica la vertical de la posición de la pelota.

Una gráfica con el desplazamiento del extremo de raqueta en el eje 'Z' se refleja en la Figura 2.9 diferenciando los valores para los diferentes lanzamientos a la derecha y a la izquierda. En la Figura 2.10 se expresan los valores medios del desplazamiento del extremo de la raqueta en los lanzamientos hacia la derecha y hacia la izquierda y los datos obtenidos en el lanzamiento hacia el centro.

La trayectoria de la raqueta también se puede observar en las estructuras alámbricas de la Figura 2.11. En la zona superior los lanzamientos hacia la derecha y en la inferior los lanzamientos hacia la izquierda.

Las diferencias en el desplazamiento de la raqueta en los últimos 30 fotogramas (interpolados a 200 f.p.s.) entre los lanzamientos hacia la derecha y hacia la izquierda tienen un grado de significatividad de $p < 0,001$ con un valor de $t = 5,67$.

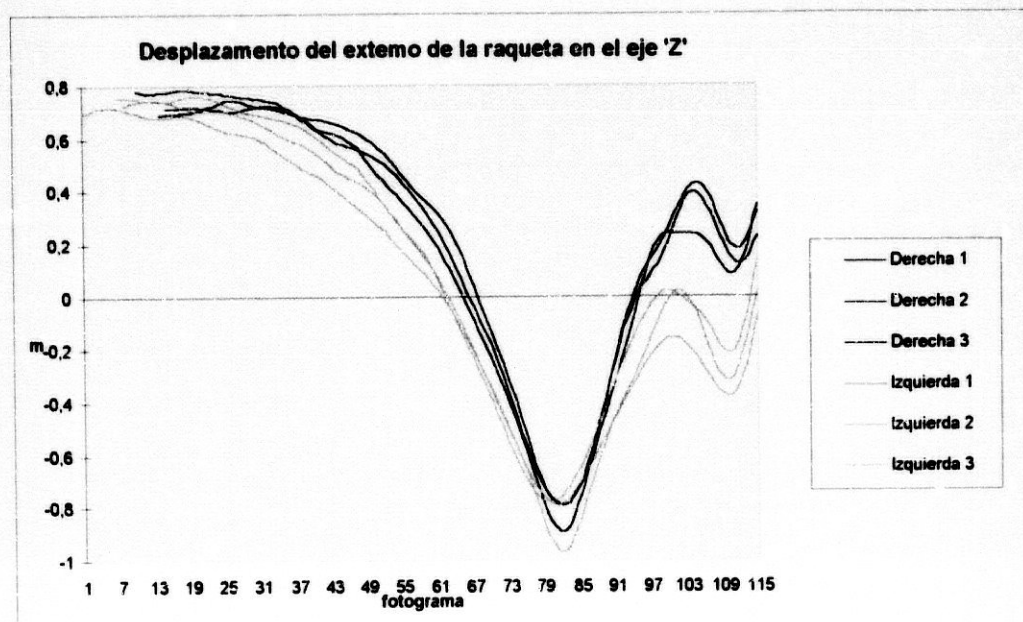


Figura 2.9: Desplazamiento de la raqueta en el eje Z de los lanzamientos analizados. (Interpolado a 200 f.p.s.)

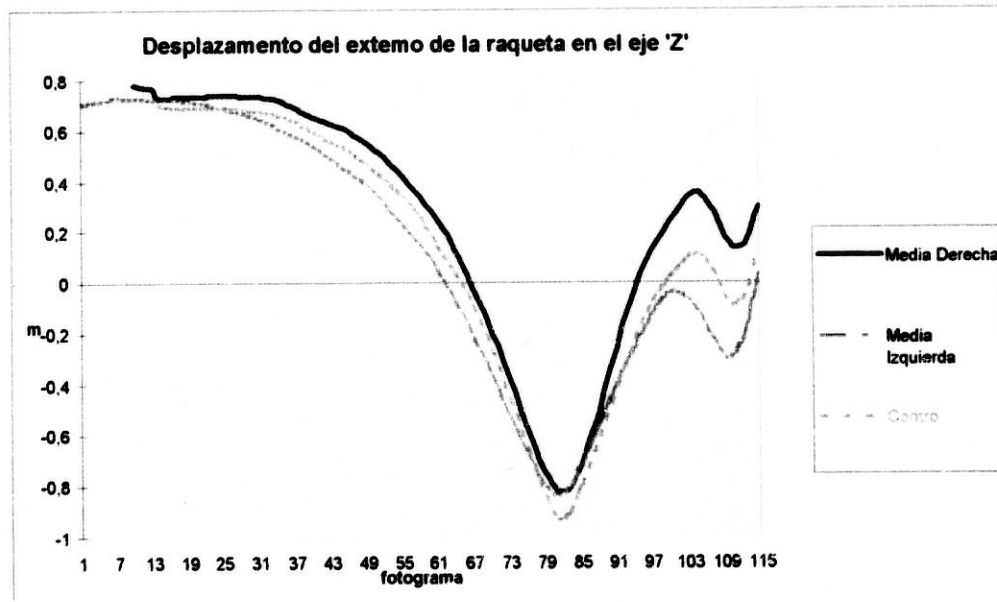


Figura 2.10: Desplazamiento del extremo de la raqueta en el eje Z representado por las medias de los lanzamientos a la derecha, izquierda y el lanzamiento al centro.

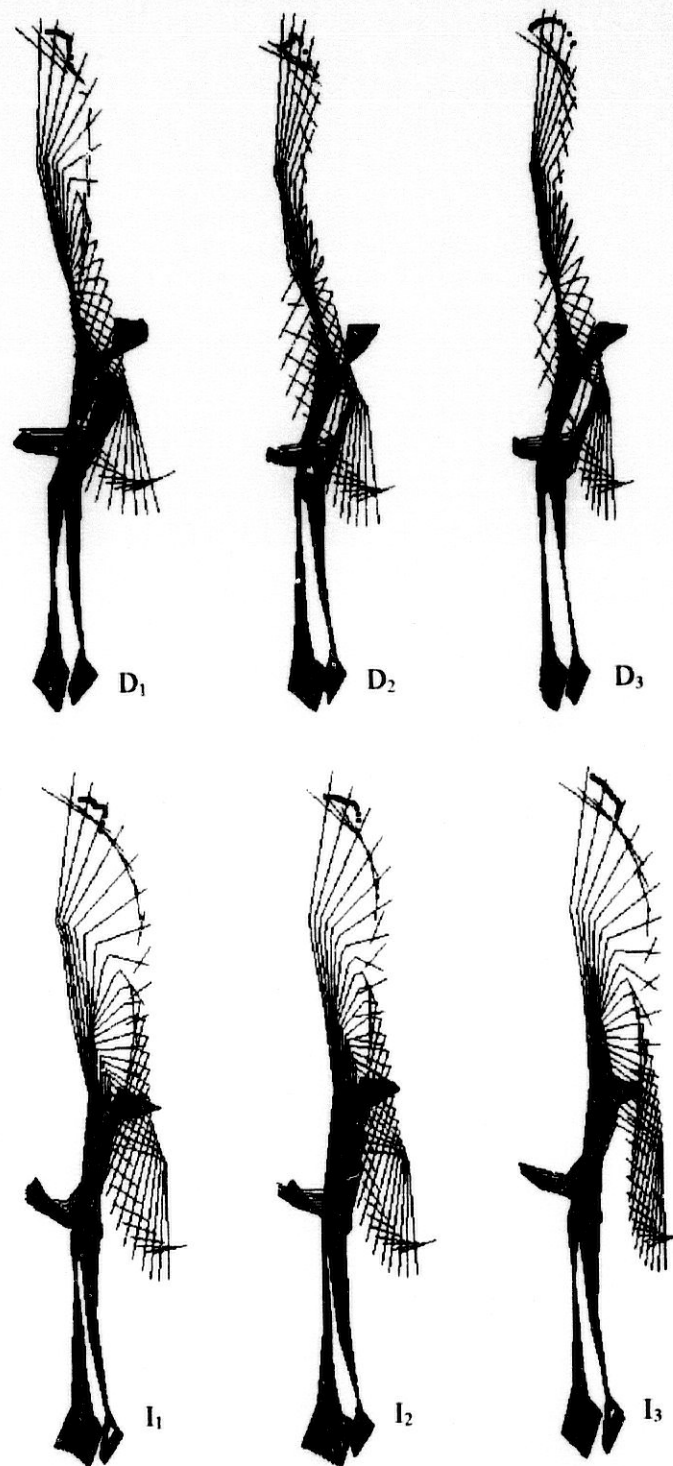


Figura 2.11: Barrido del desplazamiento de la raqueta en los movimientos analizados.

La Tabla 2.1 refleja la angulación de los hombros en el momento previo al golpeo diferenciando los tres lanzamientos hacia la derecha y los tres hacia la izquierda. En la zona inferior se observan los datos del lanzamiento al centro.

Tabla 2.1: Angulación de los hombros en el momento del impacto de la raqueta con la pelota. Se indica la posición espacial de los hombros, las coordenadas del vector que forman y las angulaciones con los ejes.

		x	y	z		x	y	z	Angulo xy	Angulo xz	Angulo yz
Derecha 1	Hombro der.	9,869	11,78	17,192	Vector:	0,144	-1	-0,1	81,78°	124,90°	95,76°
Fotograma: 105	Hombro izq.	10,014	10,782	17,092	-						
Derecha 2	Hombro der.	9,8669	11,657	17,242	Vector:	0,199	-0,97	-0,02	78,36°	94,71°	90,97°
Fotograma: 101	Hombro izq.	9,8658	10,691	17,22	-						
Derecha 3	Hombro der.	9,8715	11,655	17,24	Vector:	0,144	-0,97	-0,07	81,56°	117,39°	94,36°
Fotograma: 100	Hombro izq.	9,8154	10,685	17,165	-						
Izquierda 1	Hombro der.	9,8504	11,746	17,079	Vector:	0,004	-0,99	-0,13	89,77°	178,21°	97,93°
Fotograma: 107	Hombro izq.	9,8543	10,759	16,952	-						
Izquierda 2	Hombro der.	9,8308	11,654	17,347	Vector:	0,047	-1,01	-0,04	87,33°	129,63°	92,23°
Fotograma: 108	Hombro izq.	9,8778	10,641	17,308	-						
Izquierda 3	Hombro der.	9,8418	11,692	17,3	Vector:	-0,05	-0,95	-0,11	92,30°	155,62°	96,64°
Fotograma: 114	Hombro izq.	9,5923	10,745	17,19	-						
Centro	Hombro der.	9,6975	11,775	17,116	Vector:	0,075	-1,01	-0,1	85,79°	142,13°	95,40°
Fotograma: 101	Hombro izq.	9,772	10,765	17,02	-						

En la Figura 2.12 se muestran dos representaciones de posiciones finales en un lanzamiento a la derecha y a la izquierda en el que se observa la angulación de los hombros con respecto al plano frontal.

Un análisis inferencial muestra las diferencias de las medias en las angulaciones de los hombros entre los lanzamientos a la derecha y a la izquierda con valores $t=-9,25$ y $p<0,05$.

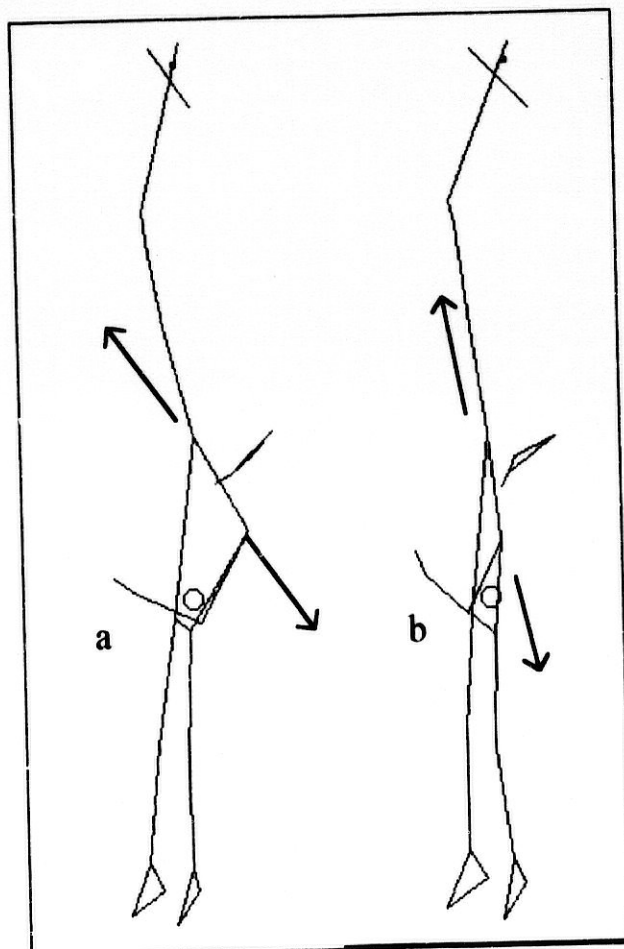


Figura 2.12: Detalle de la angulación de los hombros en el momento previo al impacto en el lanzamiento hacia la derecha (a) y hacia la izquierda (b) del jugador al resto.

2.4 CONCLUSIONES SOBRE LOS PREÍNDICES SIGNIFICATIVOS

En los resultados se han destacado tres índices que han resultado significativamente diferentes en los lanzamientos hacia la derecha y hacia la izquierda. Estos índices han sido: La trayectoria de la pelota previa al golpeo, el desplazamiento en el eje 'Z' del extremo de la raqueta y la angulación de los hombros previa al golpeo.

En el momento en el que se va a efectuar el impacto de la raqueta con la pelota se observa que ésta última ha descrito una trayectoria diferente en función del lugar hacia donde lanzará. Se observa cómo el componente en el eje Z es mayor en lanzamientos hacia la izquierda que hacia la derecha. Por tanto el sujeto lanza y golpea la pelota más hacia su derecha o izquierda según la dirección final de su movimiento. Esto concuerda con la creencia que tienen algunos tenistas desde hace tiempo y con conclusiones de algunos autores como Jones (1971) que ya comentaba *"la manera que tiene el oponente de tirar la pelota al aire para el saque es muchas veces la pauta para averiguar a dónde va a lanzarla"* (p. 72). Dado que el movimiento de la pelota previo al impacto adquiere una velocidad relativamente baja con respecto a otros elementos como la raqueta, la mano o el codo, este preíndice es más accesible para ser advertido por el jugador al resto.

La raqueta, por su parte, a lo largo de su trayectoria experimenta una variación significativa en su desplazamiento en el eje 'Z' y su vuelo ascendente previo al golpeo se aproxima a la cabeza de forma más acusada cuando lanza hacia la derecha que cuando lanza a la izquierda. Esto está justificado por la orientación y el vector velocidad de la raqueta en el momento del impacto. Son diferencias significativas que tienen el inconveniente de la velocidad que adquiere, Van Gheluwe & Hebbelink (1985) observaron una alta velocidad del centro geométrico de la raqueta previa al impacto. Ésta dificulta la discriminación de la posición de la raqueta por parte del jugador al resto

pero dada las diferencias de las trayectorias se puede observar cómo la raqueta desaparece detrás del cuerpo en su vuelo ascendente cuando el lanzamiento se realizará hacia la derecha. Este es un elemento que podría ser entrenado en el jugador al resto para discriminar la acción.

En el momento previo al impacto, la rotación de los hombros también se ha mostrado significativamente diferente cuando lanza hacia la derecha o hacia la izquierda. El observador puede diferenciarlo por la proximidad de los hombros entre sí producto de una rotación más acusada del tronco para facilitar la orientación hacia la trayectoria del golpeo. Es el índice más cercano temporalmente al momento del impacto pero los hombros son un índice muy visible pues no se mueven a alta velocidad en comparación con el índice anterior.

Con respecto a los lanzamientos hacia el centro no se pueden sacar conclusiones significativas aunque por los resultados se puede intuir valores intermedios entre los lanzamientos hacia la derecha e izquierda. Esto puede ser debido a que los preíndices observados son movimientos que tienen como objetivo orientar el movimiento hacia el lugar donde se quiere hacer botar la pelota. En los lanzamientos al centro parece lógica una orientación intermedia y por tanto un movimiento de las características observadas.

Hemos de advertir que los tres preíndices obtenidos son específicos del sujeto analizado. Sería necesario el análisis de un gran número de jugadores de alto nivel para tener un conocimiento de los preíndices más generalizados y de las características y diferencias individuales de cada uno de los oponentes que el deportista se podría encontrar.

Otro inconveniente podría proceder de la táctica individual del jugador al saque, sobre el engaño o simulación de un tipo de preíndice para realizar el movimiento contrario pero por las características de los preíndices seleccionados, localizados dentro de una cadena cinética y en un movimiento balístico, esto parece más difícil. En estos gestos la velocidad angular de los segmentos distales aumenta progresivamente y

disminuye la participación muscular en estos segmentos dificultando o impidiendo la modificación de ciertas trayectorias en el movimiento (Kreighbaum & Barthel, 1981). Esta situación requeriría un estudio específico para conocer las desventajas para el jugador que saca (y ventajas para el que resta) que podría tener el variar un movimiento balístico automatizado en una situación de segundo saque como la que planteamos.

En esta ocasión, en el sujeto analizado se han observado los tres preíndices descritos y consideramos que sobre estos se puede desarrollar un entrenamiento específico basado en sistemas automatizados de simulación y control de la información.

3. DESCRIPCION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO
PARA EL ENTRENAMIENTO DE HABILIDADES
MOTORAS ABIERTAS

3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS ASISTIDOS POR ORDENADOR

Un sistema automático es una disposición de elementos físicos conectados entre sí que actúan y se autorregulan ellos mismos sin precisar agentes exteriores. Esta definición, procedente de Langill en 1965, alude a la reducción en la intervención de elementos ajenos al sistema que podemos entender como la reducción del error procedente de la variabilidad del ser humano. Así, automatizar significa controlar y regular los procesos sin intervención de agentes externos incluido el factor humano (Gallistel, 1980).

Los sistemas automatizados permiten reducir el error en la medida, objetivo primordial en la metodología científica, obteniendo datos precisos y fiables. En nuestro caso, en la medida del comportamiento humano y en concreto del comportamiento motor, estos sistemas permiten integrar diferentes herramientas de recogida de datos, el análisis de éstos y su manipulación, su presentación y el almacenamiento en unidades de rápido acceso. El papel del ser humano puede así retirarse de labores rutinarias y mecánicas para dedicarse a otros cometidos como la interpretación de resultados y la elaboración de estrategias o incluso el diseño de nuevos sistemas.

El papel creciente de las computadoras ha permitido avanzar en el desarrollo de estos sistemas con estructuras cada vez más complejas y completas mejorando la eficacia de procesos rutinarios y monótonos.

Esto no es ajeno a la actividad física y al deporte, donde las tecnologías y las herramientas cada vez más evolucionadas permiten un control del entrenamiento más fiable y preciso. Desde la medición de pruebas físicas hasta la elaboración automática de planes de entrenamiento los ordenadores van introduciéndose en el deporte tomando un papel imprescindible en muchos casos sobre todo cuando se tratan tareas de cronometraje electrónico (García et al., 1993).

3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS ASISTIDOS POR ORDENADOR

Un sistema automático es una disposición de elementos físicos conectados entre sí que actúan y se autorregulan ellos mismos sin precisar agentes exteriores. Esta definición, procedente de Langill en 1965, alude a la reducción en la intervención de elementos ajenos al sistema que podemos entender como la reducción del error procedente de la variabilidad del ser humano. Así, automatizar significa controlar y regular los procesos sin intervención de agentes externos incluido el factor humano (Gallistel, 1980).

Los sistemas automatizados permiten reducir el error en la medida, objetivo primordial en la metodología científica, obteniendo datos precisos y fiables. En nuestro caso, en la medida del comportamiento humano y en concreto del comportamiento motor, estos sistemas permiten integrar diferentes herramientas de recogida de datos, el análisis de éstos y su manipulación, su presentación y el almacenamiento en unidades de rápido acceso. El papel del ser humano puede así retirarse de labores rutinarias y mecánicas para dedicarse a otros cometidos como la interpretación de resultados y la elaboración de estrategias o incluso el diseño de nuevos sistemas.

El papel creciente de las computadoras ha permitido avanzar en el desarrollo de estos sistemas con estructuras cada vez más complejas y completas mejorando la eficacia de procesos rutinarios y monótonos.

Esto no es ajeno a la actividad física y al deporte, donde las tecnologías y las herramientas cada vez más evolucionadas permiten un control del entrenamiento más fiable y preciso. Desde la medición de pruebas físicas hasta la elaboración automática de planes de entrenamiento los ordenadores van introduciéndose en el deporte tomando un papel imprescindible en muchos casos sobre todo cuando se tratan tareas de cronometraje electrónico (García et al., 1993).

3.2 APROXIMACIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS BASADOS EN EL CONTROL DE LA INFORMACIÓN

Dentro del aprendizaje motor, como hemos visto anteriormente, el papel del control de la información toma una gran relevancia. La consideración del individuo como un servosistema (Schmidt, 1988), subraya el valor de la información en el estudio del comportamiento humano. La precisión de ésta, su especificidad y el uso que de ella se haga determinará en gran parte el proceso de adquisición de una habilidad motora.

Un sistema automatizado de control de la información pretende mejorar los factores relacionados con la información inicial, los mecanismos de referencia y el conocimiento de resultados o feedback. Esto se une a una medida precisa y fiable de los parámetros cuantitativos del comportamiento motor y de la eficacia del gesto deportivo en cuanto a la consecución de los objetivos fijados.

Con esta razón hemos desarrollado dentro del grupo de investigación diversos sistemas automatizados de control de la información para el entrenamiento deportivo. Hasta ahora se han centrado sobre la optimización de los parámetros temporales de la respuesta motora de reacción en situaciones de tiempo de reacción simple. Los resultados han mostrado la utilidad de las herramientas diseñadas en la mejora de la eficacia en salidas de atletismo y natación (Oña et al., 1992; Arellano et al., 1994; Oña et al., 1993; Martínez, 1994).

En posteriores proyectos se generalizaron los éxitos conseguidos a deportes y habilidades motoras abiertas. Se ha diseñado y comprobado experimentalmente herramientas avanzadas útiles en el control del aprendizaje de habilidades deportivas mediante la manipulación de estímulos complejos cada vez más cercanos a las situaciones reales (Oña et al., 1994; García et al., 1993).

El sistema automatizado de control de la información desarrollado en este trabajo tiene los cometidos de:

- a) La presentación de información inicial y estímulos específicos para el entrenamiento en las estrategias atencionales y anticipatorias más adecuadas.
- b) La simulación deportiva a través de estímulos complejos con características próximas a la situación deportiva concreta.
- c) El registro del comportamiento motor del deportista.
- d) La administración de la información con el objetivo de mejorar su eficacia.

En los últimos años han evolucionado los sistemas basados en la simulación deportiva como elemento de control de la información. Se pueden observar trabajos que van desde el análisis de la toma de decisión en el deporte (Girardin, 1988) hasta el entrenamiento de los deportistas utilizando sistemas que permiten plasmar imágenes similares a las que encuentran en el deporte bien por medio de magnetoscopios (Christina et al., 1990) o por medio de simulación computarizada (Dillon et al., 1989; Alain & Sarrazin, 1990; Cárdenas, 1995).

En esta última línea se encuentra la tecnología desarrollada para esta tesis doctoral, aplicando los principios de control de la información y la simulación deportiva para el entrenamiento de habilidades motoras abiertas.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA

3.3.1 Lógica del sistema automatizado en su conjunto.

La tecnología desarrollada se basa en la integración de sistemas de control de información y de registro de la respuesta motora del deportista. Requiere la relación de diferentes estructuras cada una de ellas con una función específica pero colaboradoras en los objetivos generales del sistema.

La finalidad de este desarrollo de instrumental es la de poder recrear la situación deportiva en un laboratorio en el que el deportista pueda ser estudiado con precisión y al que se le pueda dar información relevante sobre su acción y las evoluciones de su entorno. La característica que diferencia este sistema de los desarrollados anteriormente y sobre los cuales se fundamenta es su aplicabilidad a habilidades motoras abiertas en una situación de tiempo de reacción de elección. Concretamente en esta aplicación, este sistema tecnológico está enfocado hacia deportes que suponen un enfrentamiento entre el deportista y un oponente. Esto permite una aproximación al entrenamiento de deportistas en disciplinas como el tenis o la esgrima o en situaciones específicas de deportes colectivos como la acción ante un lanzamiento de penalty en fútbol o un bloqueo ante un remate en voleibol.

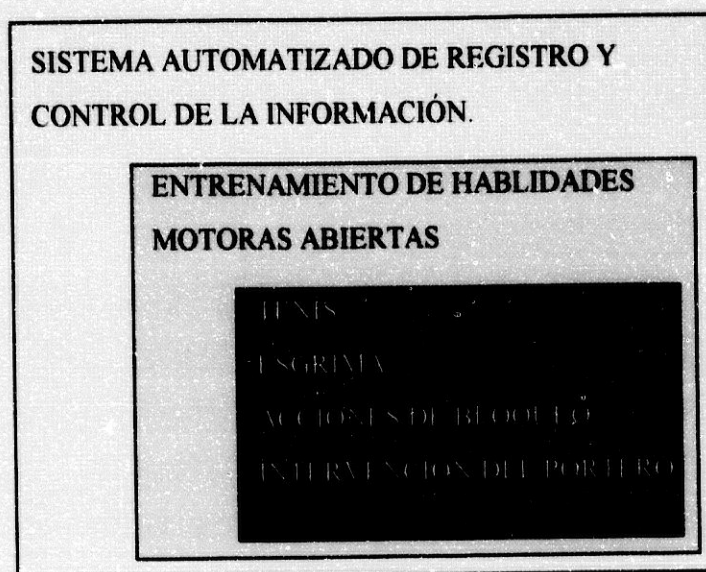


Figura 3.1: Esquema general del sistema.

Para poder afrontar este objetivo se parte de la idea de simulación en laboratorio de la situación deportiva. No se trata únicamente de un simulador deportivo sino de una metodología de entrenamiento de habilidades motoras abiertas por medio de una tecnología que aproxima al deportista a su entorno. Es una primera toma de contacto con las posibilidades tecnológicas que nos ofrece la informática y la electrónica y un medio para abrir expectativas de futuro.

Elementos que lo integran:

Podemos diferenciar tres elementos estructurales claramente diferenciados que nos recuerdan los modelos de servosistemas en el procesamiento de la información dentro del aprendizaje de habilidades deportivas.:

- Estructura de información inicial.
- Estructura de control estimular y registro.
- Estructura de feedback o retroalimentación.

Sobre estos tres niveles secuenciales en el tiempo y dentro de un ciclo cerrado se sitúa una unidad de control o centro de procesamiento que se encarga de sincronizar en el tiempo la función de cada estructura y de integrar y gestionar los datos que o bien aportan cada uno o bien que requieren en cada momento.

El esquema con los elementos implicados lo observamos en la Figura 3.2. En ella se expresan de derecha a izquierda las tres estructuras comentadas:

En primer lugar encontramos un sistema de control de la información inicial (o feedforward) sobre la acción que va a realizar el deportista incluyendo datos sobre las características del entorno o sobre la acción del oponente. Tiene como función aportar al deportista aquellos datos que se consideran relevantes sobre el gesto a realizar o sobre su entorno o adversario tales como los preíndices que debe observar, las estrategias de intervención en función de la acción del oponente o cualquier tipo de datos que el entrenador pueda considerar. En nuestro caso nos hemos centrado en informar sobre los preíndices que el sujeto debía reconocer en su oponente para de esta forma reaccionar lo antes posible ante su acción.

Posteriormente e integrados en uno, ya que son simultáneos en el tiempo, encontramos el sistema de manipulación de la situación estimular y el sistema de registro.

El primero de ellos, aunque se ha diseñado para reproducir situaciones deportivas que hagan experimentar al deportista sensaciones similares al juego real, puede presentar ante el sujeto cualquier serie de estímulos audiovisuales más o menos próximos a su disciplina deportiva en función de lo que se estime oportuno según los objetivos experimentales. Más adelante veremos con detalle sus características y funcionamiento.

El segundo elemento, de registro, se basa en los desarrollados anteriormente para habilidades cerradas y se compone de dispositivos electrónicos que permiten conocer la dimensión de la respuesta según los periféricos conectados. En nuestro caso tratamos de registrar los parámetros temporales de la respuesta de reacción y la eficacia reflejada en la elección de la respuesta correcta.

En último lugar encontramos la retroalimentación o feedback, llevada a cabo por monitores que permiten una representación gráfica de los resultados obtenidos en los ensayos realizados así como su evolución durante las series de entrenamiento.

Todos estos sistemas están controlados por la unidad central. Esta tiene la misión de elaborar el protocolo de información inicial, seleccionando los datos que se van a ofrecer por medio del sistema de feedforward, posteriormente dirige el comienzo de la secuencia estimular que lleva a cabo el sistema de simulación y recibe y almacena los datos procedentes de la unidad de registro. En función de los datos obtenidos y de las características de la situación estimular ordenada elabora los resultados que son mandados a la unidad de feedback para que estos sean accesibles para el deportista.

Merece especial mención en nuestro caso un elemento que forma parte de la aplicación experimental de esta tesis y que ya hemos descrito. Hablamos de los datos obtenidos por medio del análisis biomecánico tridimensional. Para elaborar la información inicial y expresar posibles preíndices en la acción de un oponente nosotros hemos partido de dicho análisis del oponente concreto. Así, se podría entender como otro elemento del sistema aunque no ha sido desarrollado expresamente sino que se ha utilizado como una herramienta ya existente.

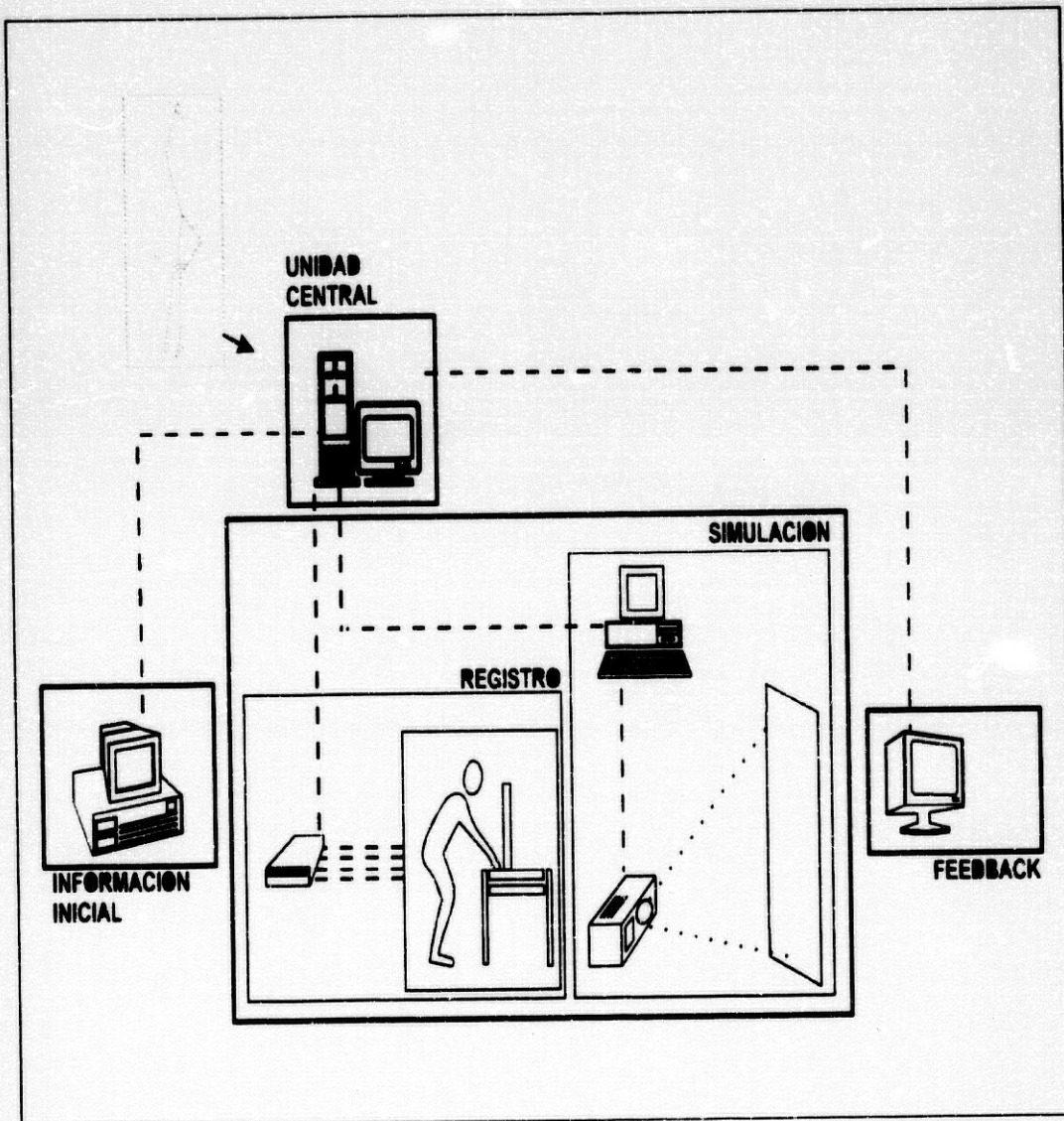


Figura 3.2: Esquema de los elementos que integran el sistema automatizado.

Organigrama general:

A pesar de haber descrito someramente los diferentes elementos que componen todo el sistema en su conjunto, antes de continuar resumiremos la lógica de su funcionamiento en el caso específico en el que lo vamos a utilizar en adelante. En la Figura 3.3 observamos un organigrama general de su funcionamiento en estructura de diagrama de flujo, estructura que posteriormente utilizaremos para describir el soporte lógico.

Todo parte de la obtención de una información que consideramos relevante y que debe ser proporcionada al deportista. En nuestro caso la obtenemos mediante el análisis biomecánico tridimensional del oponente ante el cual se va a enfrentar el deportista. Posteriormente se sigue una línea de acción en consonancia con los elementos descritos: aporte de información inicial relevante, inmersión en un entorno de simulación de la acción deportiva en cuestión en la que se reproduce ésta de la forma más verosímil posible, registro de la respuesta del sujeto en función de la situación estimular y de las estrategias elaboradas a partir de la información inicial, y conocimiento de resultados.

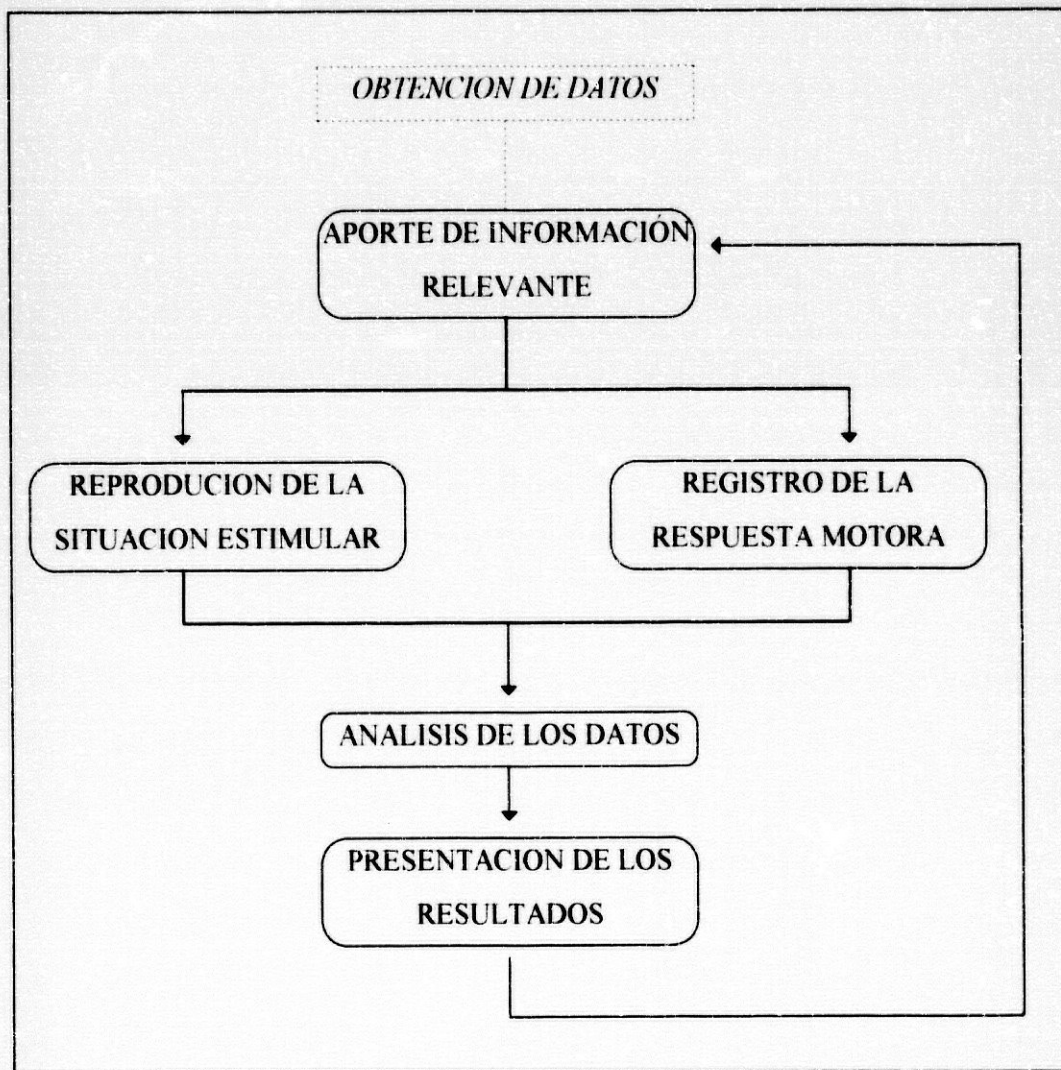


Figura 3.3: Organigrama lógico general.

3.3.2 Descripción del soporte físico.

Material encargado de la información inicial.

Este material tiene como función presentar al sujeto la información en formato audiovisual. Debe permitir presentar tanto texto como imágenes estáticas, sucesión de imágenes animadas y sonido.

De ello se encarga una computadora del tipo compatible PC con un procesador Intel-486DX2 con una frecuencia de procesamiento de 66Mhz. Dispone de 16 Mb de memoria de acceso aleatorio y el sistema de almacenamiento físico permite una capacidad de 500Mb.

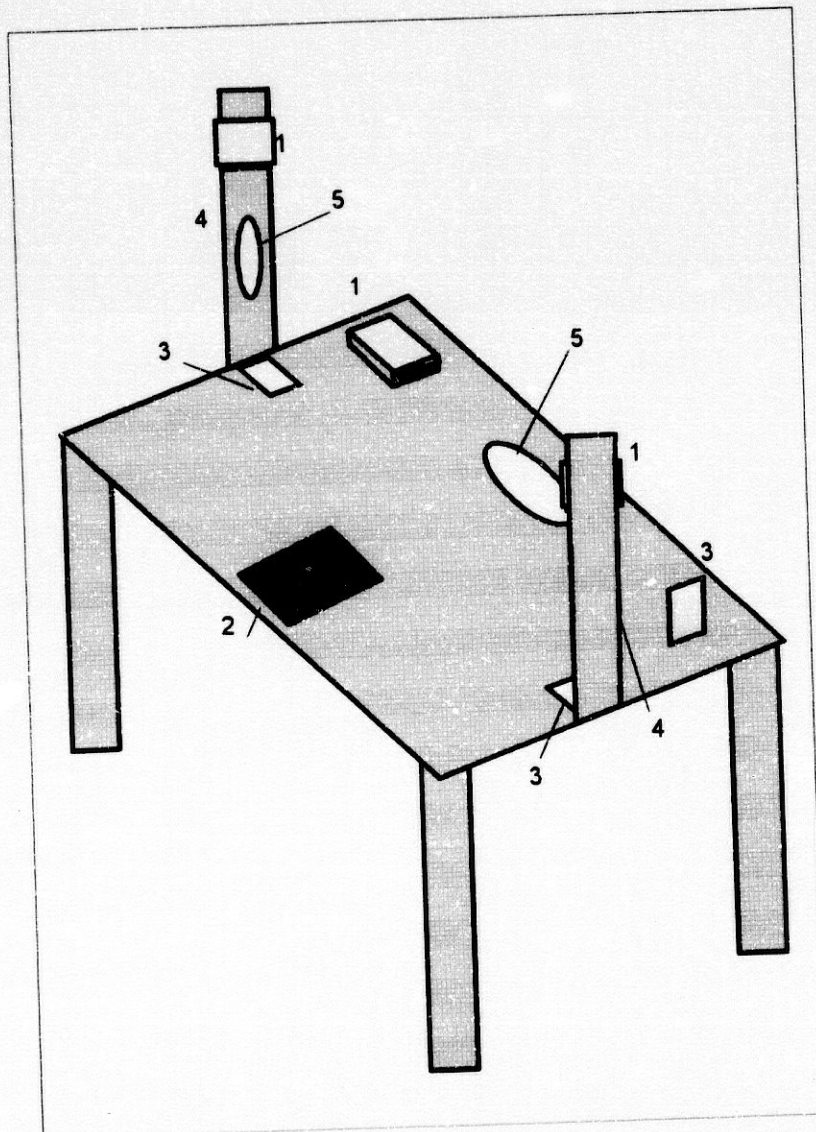
Esta computadora está conectada a un monitor color compatible VGA como periférico de salida a través del cual se muestra la información visual. La información auditiva se muestra a través de dos altavoces amplificados conectados a una tarjeta de sonido modelo 'SoundBlaster Pro' con una resolución de 8 bits y una frecuencia de muestreo máxima de 41khz.

Gracias a este sistema y al software desarrollado se puede ofrecer una información elaborada al sujeto, el cual puede verla y escucharla sentado ante el monitor y los altavoces.

Material de registro de la respuesta motora

Este material tiene como objetivo aportar información sobre los parámetros temporales de la respuesta de reacción del sujeto. Para ello se han utilizado diversos dispositivos comercializados y otros contruidos para esta aplicación concreta.

Los dispositivos se encontraban montados en una superficie plana sobre una mesa con unas dimensiones de 1,31 m. de ancho por 0,5 m. de profundidad y 0,76 de alto. En ella se colocaron, un interruptor que detectaba el tiempo de reacción y tres haces de luz controlados por fotocélulas que detectaban el tiempo de movimiento. En la Figura 3.4 se puede observar la disposición general sobre la mesa.



**Figura 3.4: Dispositivos de registro de la respuesta de reacción. 1.- Fotocélulas
2.- Placa con microinterruptor para detectar el TR. 3.- Reflectores. 4.- Postes de
sujeción. 5.- Marcas diana derecha, izquierda y centro.**

Placa con interruptor para detectar el TR.

El sujeto debía partir con la mano hábil sobre la mesa y colocada sobre una superficie limitada. Esta superficie era una placa plástica de 15x20 cm. bajo la cual se colocaron cuatro microinterruptores que detectaban el movimiento vertical al levantar la mano de la mesa.

En la Figura 3.5 se observa la cara inferior de la placa con el detalle de los cuatro microinterruptores que tienen un grosor de 4mm. elevando la placa ligeramente sobre la mesa. Bajo la placa se colocó una superficie fija de goma de las mismas dimensiones que la placa para mantener fijo el dispositivo.

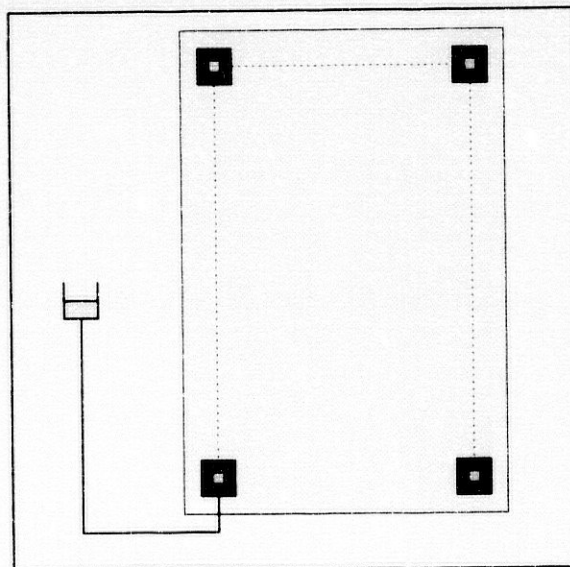


Figura 3.5: Detalle de la cara inferior de la placa interruptora.

Los interruptores se colocaron en serie para que cualquier variación en alguno de los cuatro interruptores mandara una señal de circuito abierto. De esta forma, la posición correcta del sujeto era con la mano centrada sobre la placa reposando de manera que los cuatro interruptores estuvieran cerrados.

Fotocélulas:

Detectan el paso de cuerpos sólidos cuando estos interrumpen el haz de luz que crean entre ellas y un reflector. Están dispuestas en tres posiciones: a la derecha del sujeto, a la izquierda y en el centro delante de él.

Las células de los laterales están colocadas sobre unos postes verticales de forma que el haz de luz es perpendicular a la superficie de la mesa. El poste está acolchado con goma espuma para evitar que al realizar el movimiento el sujeto se dañara. Se señala el centro de la zona acolchada como diana o zona donde tocar cuando se realizara ese movimiento. Sobre la mesa y orientados hacia las fotocélulas se colocaron sendos reflectores quedando una distancia entre fotocélula y reflector de 63 cm. En la Figura 3.6 se observa con detalle uno de los postes con la célula colocada.

La célula que registraba el movimiento hacia el centro está colocada en un lateral y orientada de forma que el haz de luz queda paralelo al eje transversal del sujeto y a ras de la superficie de la mesa. En el otro extremo se colocó el reflector.

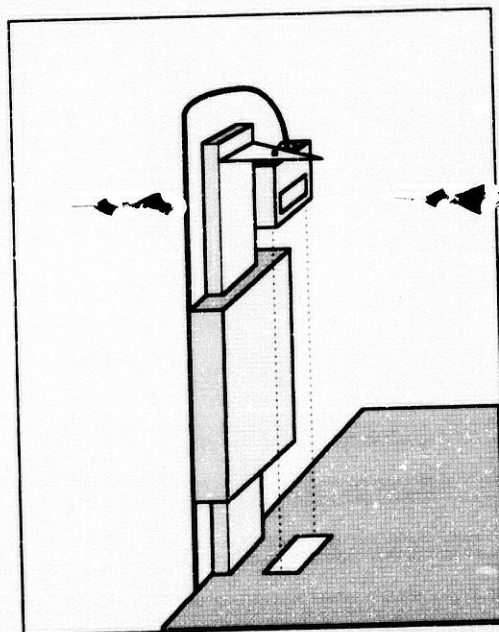


Figura 3.6: Detalle del soporte acolchado y la disposición de la fotocélula y reflector

La fotocélula es un modelo OMRON E3A-R3M2 con un circuito emisor de luz de alta frecuencia y un circuito receptor que capta la señal procedente del reflector que proporciona el fabricante. Actúa como un interruptor por medio de un relé controlado por el circuito receptor. Este dispositivo permite un rango de alimentación de 3 a 250V. CA y de 8 a 30V. DC.

El conjunto de estos elementos proporcionaban cuatro canales de información digital que eran recogidos a través del cableado específico por una caja de conexiones que se comunicaba con el ordenador principal (unidad central) a través del puerto 'Centronics' (Figura 3.7). Esta caja de conexiones estaba conectada a un transformador de corriente continua alimentando las fotocélulas con 12V. DC.

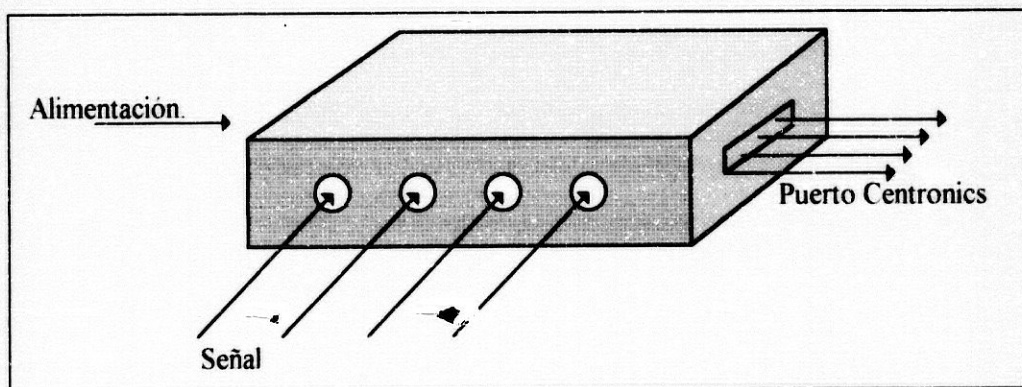


Figura 3.7: Caja de conexiones

Sistema de control estimular.

Para crear la situación estimular similar a la real mediante imágenes animadas se utilizaron los siguientes elementos:

- Ordenador encargado de generar la animación
- Convertor de señal VGA-PAL
- Proyector de vídeo.

La computadora, del tipo compatible PC, dispone de un procesador Intel 486DX4 con una frecuencia de trabajo de 100Mhz, una unidad de almacenamiento rígida de 500Mb y 8Mb de memoria de acceso aleatorio.

Esta computadora reproducía secuencias de imágenes con una frecuencia de 50 imágenes por segundo. Esto, por medio del software necesario, producía la sensación de una imagen en movimiento de la misma forma que un magnetoscopio. Además, en el momento en el que aparece la imagen clave (en este caso la que corresponde con el golpeo de la pelota con la raqueta) se comunica con la unidad central para que ésta tenga la referencia sobre la que medir el tiempo de reacción.

Un módulo convertor VGA-PAL recogía la señal de vídeo VGA procedente de la computadora generadora de animaciones y la convertía en formato PAL estándar europeo accesible de ser tratada por el proyector.

El proyector recibía la señal procedente del ordenador y era transformada por el módulo VGA-PAL para presentar ante el sujeto una imagen de 190 cm. de alto y 120 cm. de ancho a una distancia de proyección de 3,6 metros. Se utilizó el modelo LC Video Proyector VP-100PS comercializado por EPSON que permite una resolución de 320x200 píxel. El número de colores presentado está condicionado por el estándar VGA con lo que se presentaron animaciones en 256 colores.

En la Figura 3.8 se observa un esquema de la conexión entre los diversos dispositivos encargados de la proyección.

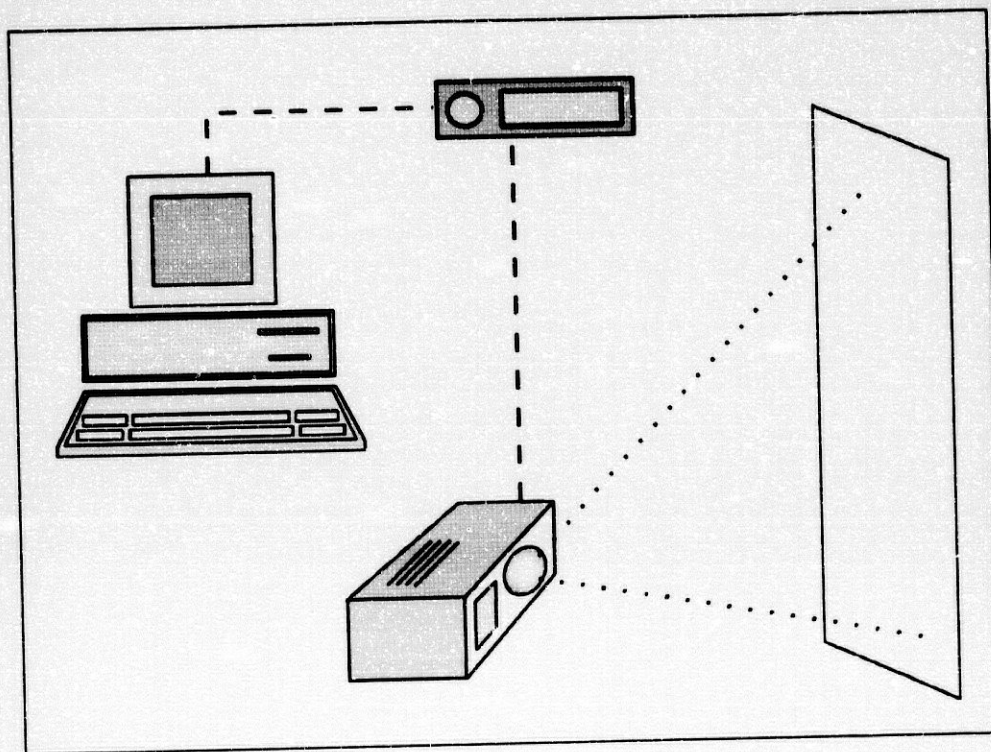


Figura 3.8: Esquema de los dispositivos encargados de la presentación de estímulos.

Sistema de feedback.

El feedback es presentado por un monitor conectado al ordenador principal. Este monitor es de tipo VGA y se colocaba separado de la unidad central de forma que se podía seleccionar la información que se le presentaba al sujeto. Es por tanto la unidad central la encargada realmente de gestionar el conocimiento de resultados.

Unidad Central:

La unidad central se trata de una computadora IBM portátil construido sobre un procesador Intel 386SL a una frecuencia de 25Mhz con 4Mb de capacidad de memoria de acceso aleatorio.

Esta unidad realizaba las siguientes funciones:

- Controlar las sucesiones de series de ensayos y descansos.
- Controlar el comienzo de las imágenes animadas.
- Registrar los parámetros temporales de la respuesta de reacción del sujeto.
- Detectar la aparición de la imagen clave desde la que se mide el tiempo.
- Detectar la decisión del sujeto y su tiempo de movimiento.
- Analizar los datos y ofrecer los resultados (feedback) de forma gráfica en el monitor externo.

Esta unidad recibe la información de los dispositivos de registro y de la computadora que genera la animación a través del puerto Centronics o puerto paralelo. Este es un puerto estándar en los ordenadores compatibles PC y está compuesto por un patillaje de 25 puntos de conexión que guardan en algunos aspectos una estructura común y determinan la posibilidad de entrada y salida de información digital.

En la computadora utilizada como unidad central la distribución de la conexión Centronics era la siguiente:

El patillaje desde 2 a 9 conducen señales de salida y están controladas por el canal de comunicación 378h.

El patillaje de 10 a 13 conducen señales de entrada y están controladas por el canal de comunicación 379h.

El patillaje desde 18 a 25 son masa.

Los dispositivos se conectaron de la forma siguiente:

En la patilla 10 eran conectadas las fotocélulas derecha e izquierda.

En la patilla 11 era conectada la fotocélulas colocada en el centro.

En la patilla 12 se conectó el interruptor de tiempo de reacción.

La patilla 13 recibía señal en el momento en el que el ordenador que generaba la animación emitía el fotograma clave (golpeo de la pelota).

La patilla 2 se conectaba con el ordenador que generaba la animación para que comenzara la emisión estimular.

3.3.3 Descripción del soporte lógico.

El soporte lógico (software) se ha realizado en el seno del grupo de investigación dentro de su línea de desarrollo de sistemas automatizados de control de la información. Se ha adaptado y aplicado específicamente para este trabajo incrementando su volumen de código e implementando otras aplicaciones ya comercializadas.

Dentro del soporte lógico podemos dividir tres núcleos funcionales importantes: aquel que se ocupa de aportar la información inicial al deportista, el módulo encargado de la presentación de estímulos y el núcleo o programa central de registro y control. Este último lo dividiremos en dos por cuestiones metodológicas en la exposición ya que contiene dentro de él el módulo de feedback.

3.3.3.1 Sistema de información inicial

Este módulo fue programado sobre la aplicación multimedia de Creative Labs MMPLAY (Creative Multimedia Presentation Player. Version 1.35). Se trataba de una versión que permitía combinar los dispositivos de sonido y captura de vídeo (Sound Blaster / Video Blaster).

Consta de una sucesión de imágenes y sonidos seleccionados para dar información al sujeto de lo que iba a ocurrir ante él.

En primer lugar se le presenta información general sobre lo que va a observar resaltando la importancia de los aspectos relevantes. En este caso la información va referida a los preíndices del saque de un oponente.

Posteriormente se hace una descripción de los preíndices más importantes resaltando los lugares y el momento en que aparecen.

La presentación de imágenes animadas de los gestos de saque del oponente por medio de estructuras alámbricas que se realiza a continuación tiene el objetivo de dar una visión esquemática del movimiento. Permite visualizar todas las articulaciones y segmentos corporales.

Tras estas imágenes de estructuras alámbricas se muestran imágenes reales animadas de los gestos de saque del oponente. Estas imágenes reales han sido tomadas previamente por un magnetoscopio durante el proceso de análisis tridimensional y capturadas por el ordenador. El proceso de captura de imágenes se realizó a través de una tarjeta de video (VideoBlaster) y fueron expuestas con una resolución de 640x480 pixel.

La animación realizada para la información inicial se realizó de forma diferente a la que se desarrolló para la simulación de la situación estimular. En este caso las imágenes fueron introducidas una a una secuencialmente en la aplicación AnimatorPro comercializada por Autodesk. Las animaciones resultantes tenían una frecuencia de 50 imágenes en cada segundo de filmación y se elaboraron ficheros específicos para destacar cada preíndice.

La información inicial terminaba con la presentación de los gestos de saque hacia diferentes posiciones a velocidad real.

En la Figura 3.9 podemos ver el organigrama lógico del módulo de aporte de información inicial y en la Figura 3.10 podemos observar un detalle del código de programación de la aplicación Mmplay realizado para este sistema.

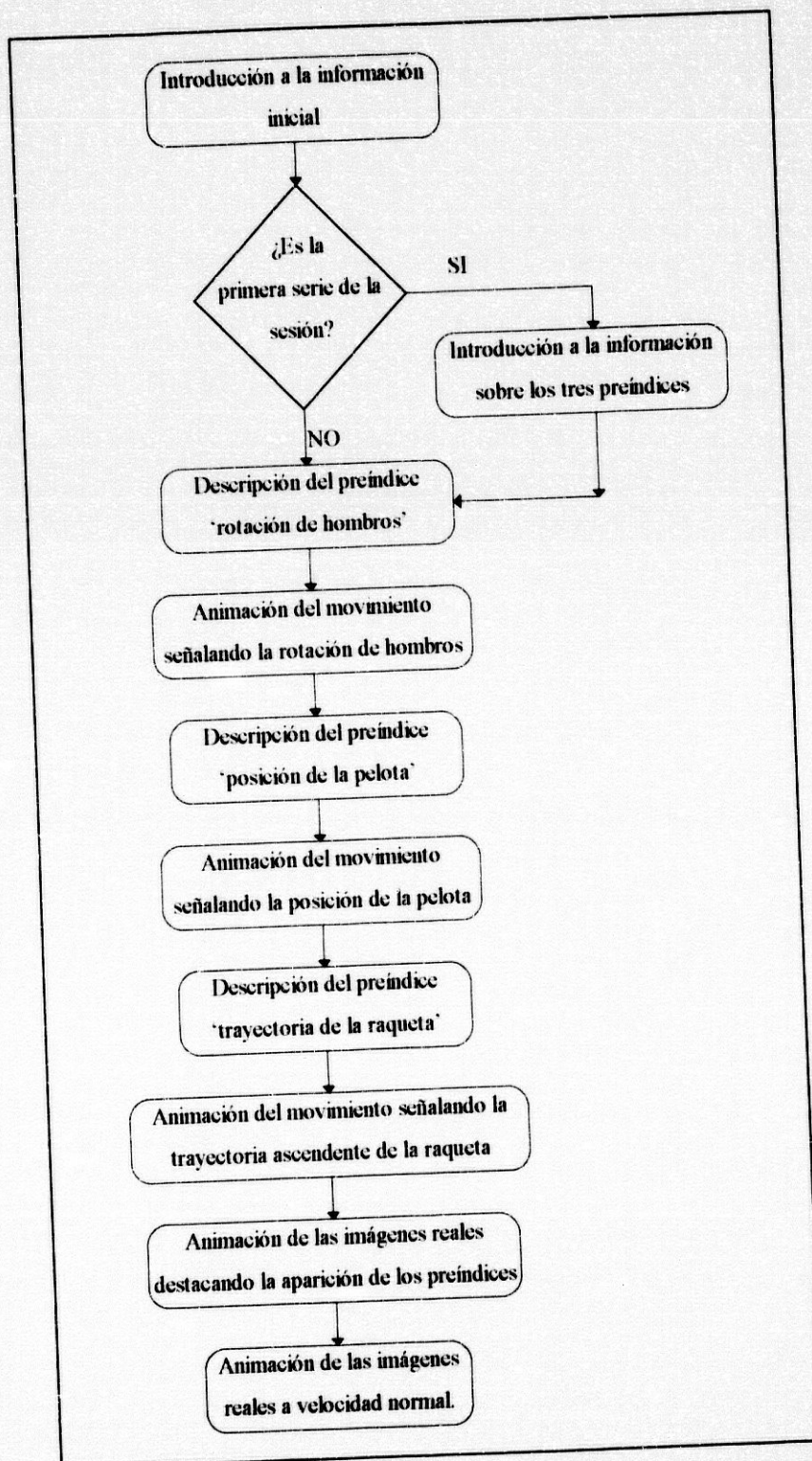


Figura 3.9: Organigrama lógico de la presentación de información inicial.

```
.volume master 224
.volume voice 96 96
.volume music 224 224
.volume cd 0

.vout 1
.delay 2400
.vout 2
.delay 2100
.PlayFLCTimes i1
.vout 3

.PlayFLCTimes i2
.delay 1000
.PlayFLCTimes i3
.delay 500
.vout 4
.PlayFLCTimes der_cib1
.delay 800
.PlayFLCTimes izq_cib1
.delay 600
.vout 5
.....
```

Figura 3.10: Extracto del código de la programación de la aplicación 'Mmplay' para la presentación de la información inicial.

3.3.3.2 Sistema de simulación deportiva

Este módulo del soporte lógico se compone de varios apartados sobre todo atendiendo al proceso para conseguir reproducir una situación similar a la real manteniendo un total control de la aparición de las imágenes para así poder determinar el momento en el que aparece la imagen clave, el fotograma que en nuestro caso corresponde con el golpeo de la pelota por la raqueta.

Así pues, los pasos previos para conseguir la manipulación de las imágenes finales son:

-Filmación del gesto deportivo: Se realizó simultáneamente a la filmación para el análisis biomecánico tridimensional de forma que los gestos reproducidos en la simulación coincidieran con los analizados.

-Selección de los gestos susceptibles de ser reproducidos en el laboratorio. De los saques filmados en este trabajo se seleccionaron aquellos que no contuvieran datos o señales que pudieran identificarse como indicadores de la acción que se iba a realizar. Es decir, se desecharon las filmaciones en las que el sujeto que realizaba el saque hiciera alguna señal indicando hacia dónde iba a lanzar la pelota o algún otro gesto que diferenciara la acción claramente de las otras. El técnico debe elegir sobre qué acciones del oponente quiere entrenar al deportista atendiendo bien a factores técnico-tácticos del gesto u otras consideraciones.

-Conversión cuadro a cuadro de las imágenes de vídeo a imágenes digitales manipulables por el ordenador. A través de la tarjeta 'VideoBlaster', ya comentada, se transformaron los fotogramas en imágenes en formato PCX.

Una vez obtenidas las series de imágenes digitales en formato PCX está todo preparado para su gestión a cargo del programa de animación. Este soporte lógico se ha desarrollado bajo el lenguaje de programación 'C', concretamente utilizando el compilador 'Turbo C++' comercializado por la empresa Borland.

Descripción del programa:

El programa se basa en el 'transporte' de datos de la memoria extendida hacia memoria convencional de vídeo.

En un primer momento almacena toda la secuencia de imágenes una tras otra en memoria extendida por medio de una rutina de descompresión de formato PCX. Cada imagen que estaba en la unidad de almacenamiento rígida (disco duro) se sitúa en un compartimento de memoria 64 Kbytes en el que se disponían los códigos de color de cada punto de pantalla ordenados por filas. Considerando que la resolución de pantalla utilizada era de 320 columnas y 200 filas de puntos, cada fotograma ocupa 64.000 bytes.

Una vez almacenada la información podía comenzar la reproducción de la animación 'transportando' los bloques o compartimentos de la memoria extendida a las diferentes páginas de la memoria de video convencional en el modo de 320x200 puntos con 256 colores.

La gestión del color se efectúa utilizando una sola paleta de colores para toda la secuencia con lo que la calidad de imagen se ve reducida al disponer toda la animación de una sola paleta de 256 colores.

Cada serie de fotogramas que correspondía a una animación completa tenía asignado un fichero de configuración en el que aparecía el número de serie de la animación, el número de imágenes totales y el número de imagen en el que se efectuaba el golpeo de la pelota. El programa controla el momento de aparición de cada imagen para conseguir una frecuencia de 50 imágenes por segundo y además manda una señal al ordenador principal (unidad central) a través del puerto paralelo en el momento en el que se golpea la pelota.

Esta sucesión de operaciones se llevaba a cabo en cada secuencia presentada al sujeto. El orden en la presentación de dichas secuencias está determinado por un protocolo dirigido por el ordenador principal.

En las siguientes figuras podemos observar los diagramas de flujo que resumen el funcionamiento del soporte lógico encargado de la presentación estimular.

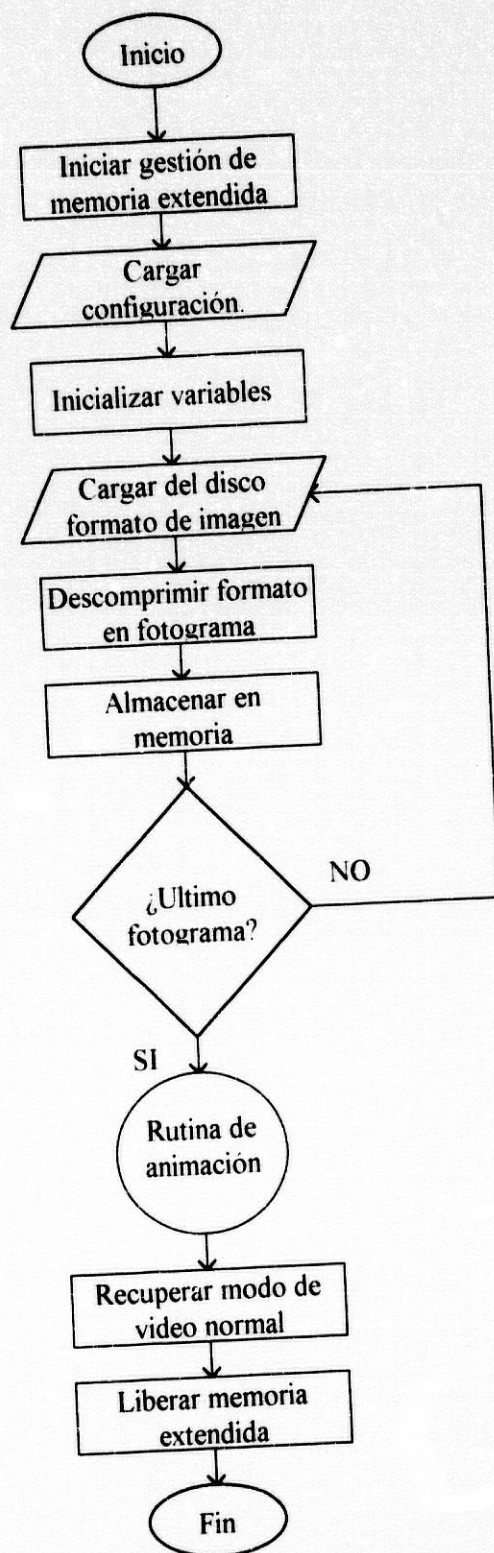


Figura 3.11: Organigrama general del programa que gestiona la presentación de estímulos.

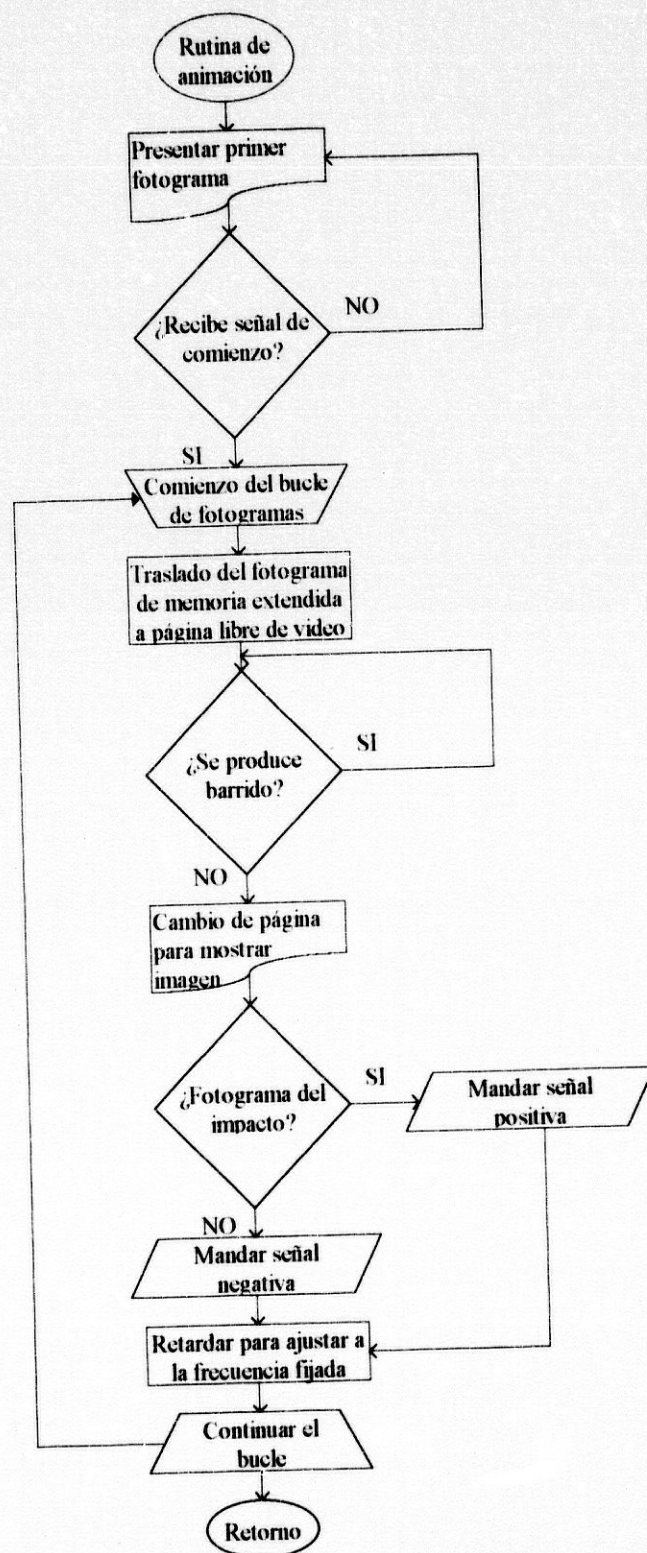


Figura 3.12: Diagrama de flujo de la rutina de animación perteneciente al programa de presentación de estímulos.

3.3.3.3 *Sistema de registro de la respuesta de reacción*

Este soporte lógico se encontraba en el ordenador principal y es un sistema que permite un control avanzado de la información, el registro de datos a través del puerto paralelo y la presentación de estímulos estáticos. Dado que la capacidad de presentación de estímulos en movimiento (animaciones) está limitada dispone de una vía de comunicación con un sistema que ofrezca esta posibilidad. Así es como lo hemos hecho en esta ocasión, conectando la unidad encargada del registro al ordenador encargado de realizar las animaciones digitales. De esta forma, al estar comunicada con el resto de sistemas no sólo con los dispositivos de registro sino con la producción de estímulos y el control de la información al deportista, lo que inicialmente era un soporte lógico dedicado a la manipulación de los datos del registro pasa a ser el eje y el programa principal que coordina el sistema en su conjunto.

Este soporte lógico, ha sido desarrollado en nuestros laboratorios habiéndose probado versiones más reducidas en anteriores experimentos aplicados a situaciones estimulares menos complejas que en esta ocasión (Martínez, 1994; Cárdenas, 1995) demostrando su eficacia en el registro de señales digitales y en la manipulación de estímulos simples. Para el presente trabajo se han modificado dichas versiones anteriores completando las opciones de registro del programa y permitiendo su aplicación a situaciones estimulares complejas de simulación.

Está construido sobre código en lenguaje de programación 'C' utilizando el compilador para TurboC++ comercializado por la empresa Borland. Requiere una estructura mínima de una computadora compatible PC tipo AT (80286 o superior) con un adaptador gráfico VGA estándar, un mínimo de 1Mb de memoria de acceso aleatorio (el soporte lógico de presentación de estímulos necesita 8Mb mínimo) y un puerto Centronics. Está preparado para relacionarse con un sistema operativo compatible MS-DOS 3.1 .

Se divide en diferentes módulos cada uno con funciones específicas (rutinas principales, relación con periféricos, administración de información...) y permite el control de sistema desde la información inicial, pasando por el registro y la presentación de estímulos y hasta la manipulación de los datos y el feedback.

En este caso vamos a centrarnos en el módulo de registro tal y como ha sido utilizado en el experimento para posteriormente comentar la lógica de las relaciones con otros módulos o soportes externos.

Descripción del programa de registro:

Su objetivo es registrar las variaciones en los dispositivos conectados que indican las características del movimiento del deportista, dispositivos que a través del puerto Centronics mandan una señal digital procesable por el programa. Una vez obtenidos los datos realiza las operaciones necesarias para calcular los tiempos reales y los parámetros de eficacia de la respuesta del sujeto.

El programa sigue la siguiente estructura:

-Definición de las variables de registro. En este apartado se pueden variar las opciones de número de canales conectados (permite hasta cuatro canales simultáneos), comienzo y final de registro (bien por tiempo, por teclado, por una señal en un canal o por modificación externa de otra computadora) y determinar una previsión de las interrupciones o señales esperadas (tiene como finalidad determinar si el movimiento ha sido correcto o incorrecto).

-Definición de las características del estímulo a presentar. El programa tiene cuatro opciones de presentación de estímulos:

Estímulos sonoros.

Presentación de imágenes de figuras geométricas distribuidas por la pantalla según protocolo.

Imágenes estáticas tomadas de la realidad (fotografías digitalizadas).

Y una última opción, desarrollada específicamente para este experimento, consiste en la relación con una computadora externa que presenta una sucesión de imágenes con sensación de movimiento para generar un sistema de simulación asistido por ordenador. El programa se comunica con el ordenador auxiliar para conocer el orden y la frecuencia de aparición de imágenes detectando el momento de presentación de las imágenes claves para la respuesta del deportista.

-Definición de las características del feedback. Para posteriormente presentar la información al deportista se ha de decidir previamente cuáles son los datos que interesa que éste conozca. El programa permite un acceso por parte del técnico (o del operador) a la totalidad de los resultados obtenidos del registro de la respuesta y permite así mismo seleccionar aquellos que van a ser enviados al sistema de feedback para ser conocidos por el sujeto.

-Registro. Atendiendo a las variables definidas anteriormente el registro sigue la línea lógica especificada en el diagrama de flujo de la Figura 3.14.

Antes de comenzar se hace un test sobre el estado de los dispositivos y los canales de comunicación.

El proceso comienza con la sincronización de los sistemas de presentación de estímulo y de registro con el reloj contador (este reloj tiene una precisión de 0.001 segundos y está basado en rutinas que controlan las interrupciones sobre el reloj propio de la computadora). Se pone en marcha el reloj y se manda comenzar la secuencia estimular. A continuación y durante el tiempo de registro se reciben datos por los canales fijados y se les asignan valores temporales. Durante el registro uno de los canales puede estar conectado al ordenador auxiliar encargado de la secuencia estimular para que informe

sobre la aparición de imágenes claves o de la finalización de dicha secuencia.

Una vez finalizada la entrada de datos, se realizan los cálculos temporales reales y se presentan al operador para su selección. En este momento se pueden marcar datos relevante o eliminar aquellos superfluos para informar al deportista sobre su acción.

-Almacenamiento. Los resultados pueden ser almacenados en disco para su posterior tratamiento con paquetes estadísticos, bases de datos, representaciones gráficas o para el uso personal del entrenador.

A continuación presentamos el diagrama de flujo del soporte lógico encargado del registro y coordinación de los diferentes sistemas.

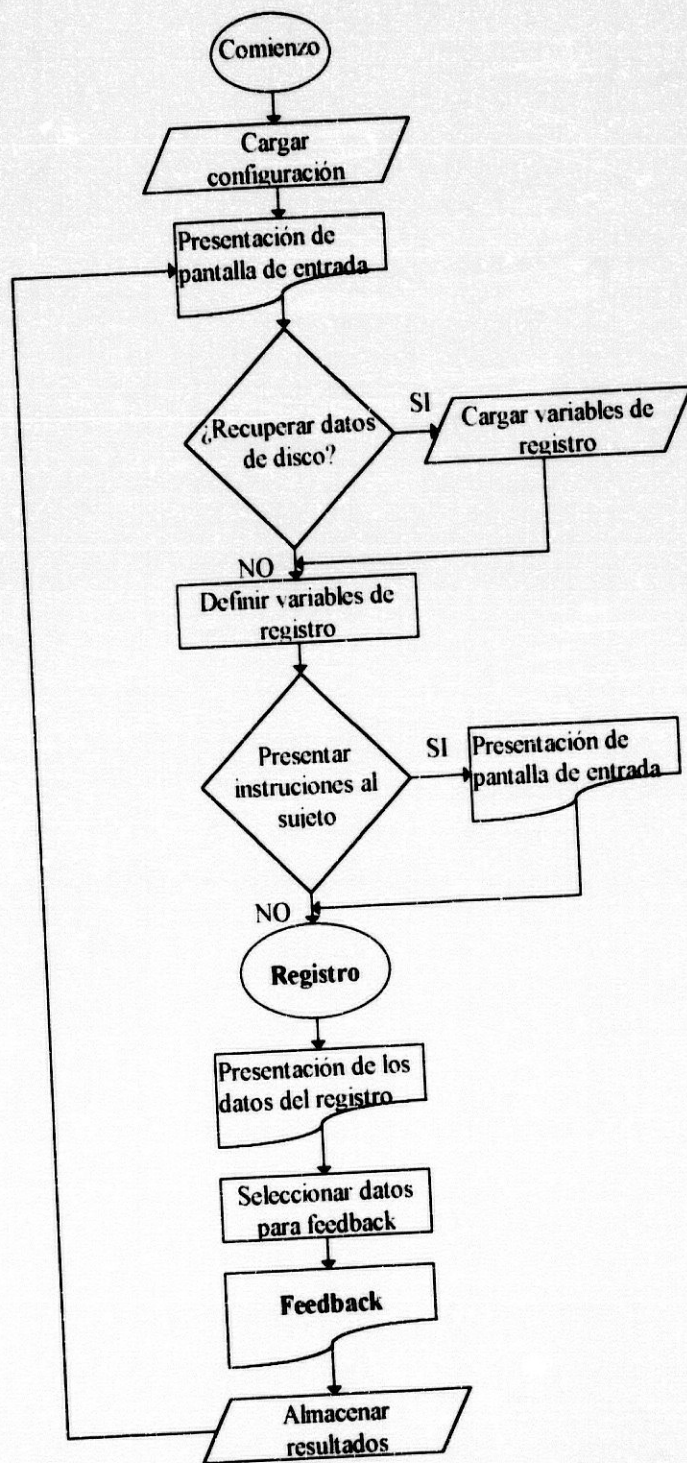


Figura 3.13: Diagrama de flujo general del programa principal de registro y coordinación del resto de soportes lógicos del sistema.

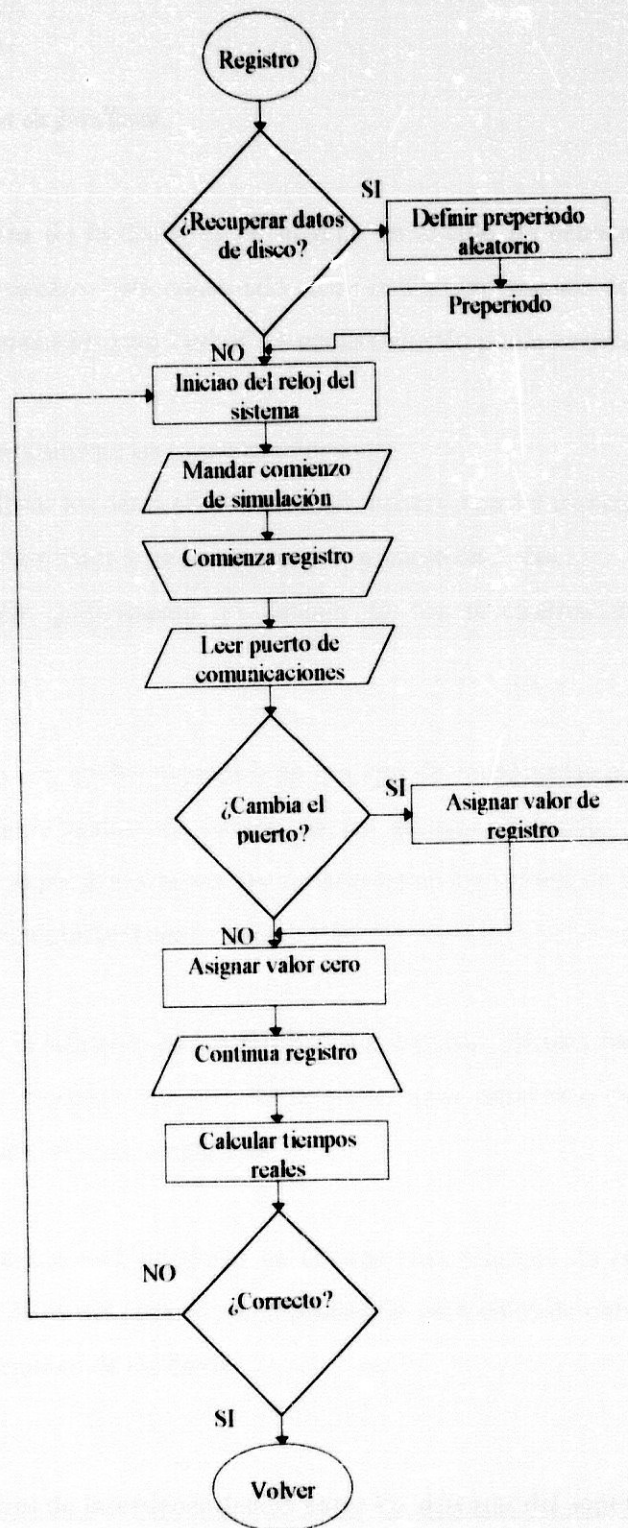


Figura 3.14: Diagrama de flujo de la rutina de registro perteneciente al programa principal.

3.3.3.4 Sistema de feedback

El sistema de feedback es un módulo encargado de exponer gráficamente los resultados del registro. Está construido sobre código en lenguaje de programación 'C' utilizando el compilador para TurboC++ comercializado por la empresa Borland.

Tiene básicamente las siguientes funciones:

- Seleccionar los datos procedentes del registro para ser expuestos.
- Ajustar los datos a las condiciones de gráficas definidas.
- Presentar gráficamente en función de los parámetros definidos los datos seleccionados.

Muestra una gráfica expresada en dos ejes de coordenadas en los que se reflejan los valores seleccionados en función de los ensayos realizados. A través de esta representación se pueden observar las variaciones en los valores de la respuesta durante las series y sesiones de práctica.

Permite la selección de los resultados a exponer, cálculos básicos seleccionados por el usuario, modificar los ejes de la gráfica (por ensayos o por datos), y añadir comentarios como el título o epígrafes.

Este módulo está integrado en el programa principal de registro y por tanto dispone de los datos del registro sin necesidad de protocolos de comunicaciones lo cual mantiene la integridad de los datos.

3.3.4 Relaciones de interdependencia entre los sistemas del soporte lógico.

Por relaciones de interdependencia entenderemos la jerarquía establecida entre los diferentes elementos del soporte lógico del sistema.

Los diferentes módulos y rutinas del soporte lógico dependen del programa de registro. Esto es así para coordinar los diferentes acontecimientos en el proceso de simulación con la medida de la respuesta motora del deportista. Los dos elementos claves en el sistema son la simulación y el registro de la respuesta, que son procesados por soportes diferentes. Pero antes y después del registro se controlan, a través de módulos del mismo soporte, los resultados, la información inicial, la determinación de la eficacia en el gesto en cuanto a la adecuación de la respuesta al estímulo y el control del protocolo de ensayos, series y descansos.

En la Figura 3.15 vemos un organigrama de la relación entre los elementos citados. El programa principal contiene los módulos de configuración, registro y elaboración de la información. A su vez depende de él el módulo de presentación de estímulos (encargado de la simulación) y de presentación de feedback. El módulo de información inicial no tiene una relación de dependencia con el programa principal en esta ocasión aunque el tipo de información que se le aportaba respondía al mismo protocolo que se encontraba en programa principal.

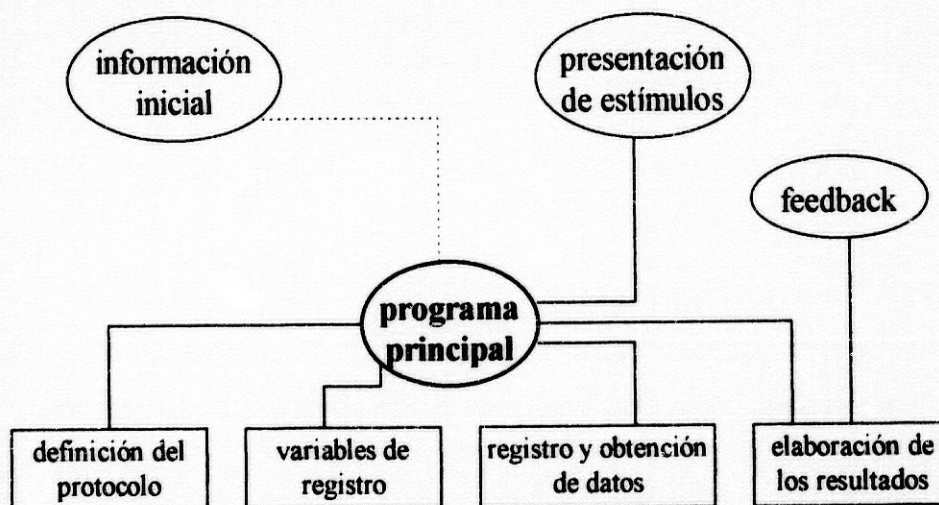


Figura 3.15: Organigrama jerárquico de los módulos del soporte lógico.

3.4 ESTUDIO DE LA VALIDEZ DEL SISTEMA

Durante el proceso de registro de la respuesta del deportista hemos de tener en consideración el margen de error procedente de los diferentes elementos físicos

Por parte de los dispositivos consideramos en primer lugar el interruptor de tiempo de reacción. El tiempo de reacción por definición es el tiempo que transcurre desde la aparición del estímulo hasta el primer movimiento aparente (Tudela, 1981). En nuestro caso medimos el tiempo que transcurre hasta el primer movimiento de la mano hábil para homogeneizar las condiciones experimentales. El interruptor sobre el que se colocaba la mano cerraba un circuito a partir de una presión de 96 gramos sobre su centro geométrico. Este umbral se mantuvo constante durante el experimento.

La fotocélulas fueron del tipo E3A-RM2 de OMRON y siguiendo el modelo de calibración ya desarrollado en otros experimentos (Martínez, 1994) se consideró la inercia inducida por el tiempo de contacto de una placa y una electrobobina en el relé de salida. A través de este modelo se realizaron 1000 interrupciones aleatorias de la fotocélula conectada a una computadora, se midió el retraso de la señal antes y después de pasar por el relé. El retraso se consideró constante al realizar un análisis de regresión entre las señales antes y después encontrándolas linealmente dependientes con un coeficiente superior a ,9999. La función a la que se ajustan los datos es:

$$y = 2.1187 + 1.0008 * x \quad (\text{valores en milisegundos})$$

Con lo que se concluye que la variación es constante y sobre los 2,12 milisegundos.

4. MÉTODO

4.1 SUJETOS

El experimento se realizó con seis sujetos que se ofrecieron voluntariamente. Tres eran varones con edades de 19, 20 y 24 años y tres mujeres con edades de 19, 20 y 21 años. Todos ellos eran diestros excepto uno de ellos que era zurdo. Los seis mantienen un entrenamiento regular en la disciplina de tenis y en competición regional.

4.2 INSTRUMENTAL

El instrumental ha sido descrito en el capítulo anterior "*Descripción del sistema automatizado para el entrenamiento de habilidades motoras abiertas*".

Se han empleado tres computadoras compatibles PC conectadas entre sí a través del puerto Centronics, los dispositivos de registro (interruptor y fotocélulas) y las conexiones comentadas.

4.3 DISEÑO

En el presente estudio se realiza un diseño intrasujeto reversible A-B-A con 6 replicaciones (Arnau, 1984).

4.3.1 Definición de las variables:

4.3.1.1 Variable independiente:

VI: Tratamiento aplicado al deportista a través del sistema automatizado basado en el aporte de información inicial (**Feedforward**) para la detección de preíndices observables en el saque liftado en tenis. Esta información está basada en el análisis biomecánico del saque, incluye la simulación del gesto y una descripción pormenorizada de trayectorias.

Los preíndices que se le indicarán a los sujetos serán:

- La trayectoria de la pelota y su posición en el momento del golpeo.
- La trayectoria de la raqueta en el movimiento ascendente previo al golpeo.
- La rotación de los hombros del ejecutante en los instantes previos al golpeo.

Las instrucciones tendrán un formato electrónico y audiovisual a través de un equipo multimedia como se indica en la descripción del sistema automatizado de información inicial (Capítulo 3)

La aplicación de esta variable durante el periodo de tratamiento (**B**) se realizará según se indica en el procedimiento.

4.3.1.2 Variables dependientes:

VD_i: Parámetros temporales de la respuesta de reacción medida a través de la sumatoria del Tiempo de Reacción (TR) y el Tiempo de Movimiento (TM). El TR se medirá como el tiempo desde el golpeo de la pelota en la simulación hasta que levanta la mano de la mesa. El tiempo de movimiento se medirá desde que levanta la mano hasta que corta algún haz de luz de las fotocélulas de los laterales o el centro.

VD₂: Precisión de la respuesta, medida a través de la tasa de aciertos en la elección de la dirección del saque de tenis.

4.3.1.3 Otras variables:

Para controlar la variable de las condiciones del sujeto previas a la sesión se les solicitó que no realizaran ejercicio intenso ni una comida copiosa antes de la sesión y se mantuvo el mismo horario aproximado en cada sujeto. Siempre se realizaron las sesiones por la mañana.

Previo a cada sesión todos los sujetos realizaron un calentamiento específico o fase de familiarización con la situación experimental, que consistía en un bloque de 5 ensayos.

La iluminación, ruido de fondo, humedad y temperatura se controló manteniéndola constante. Al realizarse el experimento en un laboratorio cerrado y climatizado, la temperatura y la humedad eran las mismas para todos los sujetos. La iluminación se estandarizó con un foco de luz procedente de una esquina del laboratorio para permitir una luz tenue que no afectara a la proyección. Para reducir el ruido se impidió el acceso al laboratorio en el que sólo permanecían los dos operadores y el sujeto.

Para obtener información sobre el estado de los sujetos y el nivel de atención que prestaban rellenaban tras cada sesión un informe en el que indicaban en qué medida prestaba atención y si habían prestado más atención a un preíndice u otro. Ya que no es un objetivo de este trabajo determinar los preíndices más efectivos se considera esta variable como de control.

Para reducir la posibilidad de que los sujetos advirtieran otros preíndices que no fueran propios al movimiento del saque en sí mismo se eliminaron las secuencias en las

que el jugador al saque realizara algún movimiento indicativo. También se eliminaron las secuencias en las que se realizaba el saque con otra pelota en la mano o las que tenían alguna variación de la imagen por el movimiento del telón del fondo tras el tenista.

Para evitar que la primera imagen de la simulación aportara algún preindicador de la dirección del saque, dado que en la posición de partida el sujeto observaba la primera imagen de la secuencia estimular durante unos instantes hasta que se ponía en marcha, se utilizó siempre la misma imagen inicial en todas las secuencias.

4.4 PROCEDIMIENTO

Situación experimental:

Con el objetivo de aplicar el sistema automatizado diseñado se elaboró la siguiente situación experimental.

El sujeto, colocado frente a una pantalla gigante, debe reaccionar ante la simulación de un saque de tenis que aparecerá proyectada sobre la pantalla. La simulación tratará sobre saques liftados dirigidos hacia la derecha, la izquierda o al centro con respecto a la posición del sujeto.

La posición del sujeto será en semiflexión de piernas con la mano hábil colocada sobre un sensor instalado sobre la mesita. A los dos lados y al frente estarán colocados otros tres sensores que deberá golpear en función de la dirección a la que se dirija el saque en cada secuencia estimular. Estos sensores detectarán el momento en el que levanta la mano de la mesa y el tiempo invertido en el movimiento hacia alguno de los lados. Esta disposición aparece en la Figura 4.2.

El sistema automatizado recoge la respuesta del deportista, realiza la simulación, le aporta la información de los resultados y almacena los datos.

Un operador controla el sistema observando la colocación correcta del sujeto y otro operador supervisa la acción de las computadoras.

Se realizaron 5 sesiones. La primera de línea base en la que no se aplicaba ningún tipo de información sobre preíndices. En las tres sesiones siguientes se le aplicó el tratamiento a través del aporte de información sobre las estrategias de detección de preíndices. En la última sesión se le retiraron las instrucciones sobre estas estrategias para comprobar la autonomía del sujeto al sistema y medir la eficacia en las condiciones de aporte de información iniciales.

La distribución de las secuencias estímulares en movimiento se realizó a través de una computadora que generó una sucesión aleatoria balanceada de forma que en todas las sesiones se dieran el mismo número de casos de saques hacia la derecha, hacia la izquierda y al centro.

En cada sesión se establecen 3 bloques con tres series de seis ensayos cada serie con lo que se realizan 54 ensayos por sesión. El descanso entre bloques es de 5 minutos y entre series será de 1 minuto. En la Figura 4.1 se puede observar un esquema de la sesión tipo.

Después de cada serie el sujeto podía acceder a la información sobre su actuación para conocer los parámetros temporales de sus acciones considerándose el feedback autoadministrado.

La posición inicial se describe en la situación experimental. Los sujetos debían mantenerse orientados hacia la pantalla gigante y reaccionar ante los saques de un supuesto oponente realizando el movimiento de su mano hacia la derecha, la izquierda o centro según la dirección del saque. Se les solicitó que golpearan a la derecha, izquierda o centro con la intención de que realizaran el movimiento lo más rápido posible y se protegieron las zonas del impacto para evitar lesiones.

Sesión	1er Bloque	1ª Serie	6 ensayos
		2ª Serie	6 ensayos
		3ª Serie	6 ensayos
	2º Bloque	1ª Serie	6 ensayos
		2ª Serie	6 ensayos
		3ª Serie	6 ensayos
	3er Bloque	1ª Serie	6 ensayos
		2ª Serie	6 ensayos
		3ª Serie	6 ensayos

Figura 4.1: Esquema de sesión tipo.

Aplicación del tratamiento:

Durante la fase de tratamiento se le aplicó información: antes de cada bloque. Por tanto el sujeto recibe instrucciones sobre los preíndices un mínimo de tres veces en cada sesión pudiendo solicitar detalles sobre los preíndices entre series.

Estas instrucciones se le ofrecían a través del sistema automatizado de información inicial al que accedía sentado en un lateral del laboratorio.

Antes del primer bloque, a las instrucciones se añadía un fragmento de introducción a la información que iba a recibir, apareciendo esta introducción únicamente en este momento.

En el anexo aparece el texto de la información ofrecida al sujeto junto a las anotaciones sobre las imágenes o animaciones presentadas en cada instante.

Tras la sesión los sujetos rellenaban un registro en el que se les solicitaba una valoración subjetiva sobre el nivel de atención prestada y en qué medida valoraban los preíndices indicados. La intención de este registro no es comparar la eficacia de los distintos preíndices sino tener información en caso de advertir un cambio de criterio en la actuación del sujeto durante el tratamiento o en la sesión final.

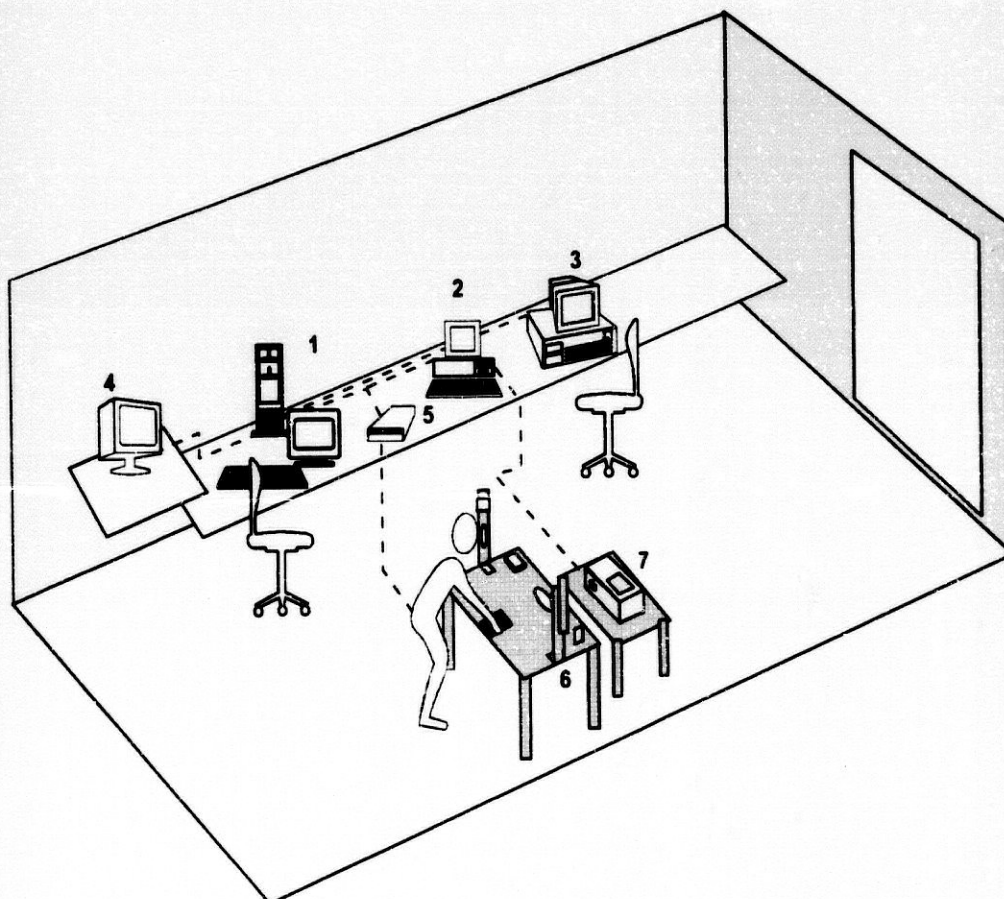


Figura 4.2: Esquema de la situación experimental. 1. Ordenador principal; 2 Generador de la simulación; 3. Instrucciones al sujeto; 4 Feedback; 5 Panel de conexiones; 6 Dispositivos de registro; 7 Proyector.

5. RESULTADOS

5.1 SUJETO 1

Tabla 5.1: Sujeto 1. Descriptivos de las medidas de Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento, diferenciando las acciones ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y al centro

S	e	S	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
			Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica
1	1	1	366,50	19,29	345,16	23,24	384,83	38,95	365,50	31,50
		2	369,50	15,43	334,00	17,81	362,33	25,23	355,27	24,48
		3	361,83	54,13	319,16	31,01	361,83	23,83	347,61	41,71
2	4	4	290,83	26,23	318,50	44,59	288,83	24,75	299,38	34,08
		5	280,20	25,79	276,83	43,75	305,16	17,75	289,77	32,35
		6	300,83	34,92	284,66	36,79	297,50	36,13	294,33	34,53
3	7	7	286,83	20,27	298,33	40,32	289,50	45,15	291,55	34,99
		8	274,00	17,25	272,66	17,60	277,00	28,50	274,41	19,90
		9	237,50	48,44	295,50	24,18	288,20	37,11	273,05	49,20
4	10	10	202,33	26,09	247,33	33,27	217,83	45,85	222,50	38,89
		11	261,80	20,07	227,00	37,45	230,66	58,79	237,72	41,99
		12	245,00	40,68	242,66	42,81	238,00	28,93	239,61	36,66
5	13	13	260,83	24,40	256,50	51,17	276,50	53,81	262,00	39,32
		14	269,80	20,55	244,16	22,70	238,66	44,88	245,44	36,76
		15	238,60	31,22	240,83	38,46	267,00	16,47	245,35	32,90
			Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica
1	1	1	185,66	11,12	140,00	25,20	173,66	23,54	165,00	28,5
		2	148,50	11,48	129,00	25,16	150,66	23,70	142,72	22,1
		3	169,16	34,68	113,33	9,72	134,00	17,21	138,83	32,1
2	4	4	148,66	19,38	107,16	8,93	209,75	112,85	148,37	66,2
		5	188,80	48,63	106,60	11,08	193,66	99,21	165,41	72,4
		6	145,16	11,61	121,66	39,23	167,20	44,48	143,35	37,0
3	7	7	170,00	38,71	88,83	10,92	164,00	87,94	140,94	64,7
		8	160,33	19,04	138,50	72,67	171,40	69,33	155,88	56,2
		9	186,50	32,78	117,50	28,26	160,00	50,64	149,82	43,0
4	10	10	206,00	24,09	132,66	39,88	221,00	41,11	184,12	54,2
		11	182,00	34,34	110,33	27,49	192,16	54,28	168,77	63,5
		12	169,00	54,76	134,16	30,28	191,20	52,15	163,23	49,7
5	13	13	187,00	73,67	189,83	77,31	197,00	45,51	221,76	144,4
		14	140,00	10,04	149,50	57,01	178,83	60,08	157,05	49,5
		15	140,20	11,58	106,66	11,11	126,00	15,79	126,64	23,0

Tabla 5.2: Sujeto 1. Descriptivos de las medidas de Respuesta de Reacción.

S	e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica
1	1	552,16	20,45	485,16	34,86	587,00	9,84	532,33	48,57
	2	518,00	23,86	463,00	29,25	513,00	41,97	498,00	39,87
	3	531,00	62,39	432,50	39,55	495,83	31,17	486,44	60,41
2	4	439,50	27,38	425,66	50,87	494,50	112,34	448,06	66,64
	5	469,00	36,50	378,60	42,97	498,83	103,48	454,52	82,77
	6	446,00	32,72	406,33	38,37	470,80	36,73	439,29	43,20
3	7	456,83	21,01	387,16	46,78	453,50	62,31	432,50	54,82
	8	434,33	29,62	411,16	73,16	441,83	83,37	429,11	63,69
	9	424,00	48,60	413,00	25,60	448,20	34,28	421,70	46,70
4	10	401,00	22,19	380,00	62,67	438,83	33,12	407,31	49,80
	11	443,80	48,41	337,33	44,67	422,83	82,61	406,50	79,62
	12	414,00	70,15	376,83	26,00	429,20	55,60	405,35	55,07
5	13	449,00	79,04	446,33	53,06	473,50	33,31	484,17	142,55
	14	409,80	24,49	393,66	40,72	417,50	40,13	406,82	35,80
	15	378,80	23,19	347,50	30,98	393,00	19,10	372,00	30,12

Tabla 5.3: Sujeto 1. Porcentaje de acierto en la elección correcta del gesto. Diferenciando cuando el lanzador realiza el gesto a la izquierda, derecha o centro.

S e r i e n c i a	S e r i e	Precisión			
		Ante lanzamientos a la derecha	Ante lanzamientos a la izquierda	Ante lanzamientos al centro	Total
1	1	100%	100%	100%	100%
	2	100%	100%	100%	100%
	3	100%	100%	100%	100%
2	4	100%	100%	100%	100%
	5	100%	83%	100%	94%
	6	100%	100%	100%	100%
3	7	100%	100%	100%	100%
	8	100%	100%	100%	100%
	9	100%	67%	83%	83%
4	10	100%	100%	100%	100%
	11	100%	83%	100%	94%
	12	100%	100%	83%	94%
5	13	100%	100%	67%	89%
	14	100%	83%	100%	94%
	15	100%	100%	83%	94%

En las dos primeras tablas (Tabla 5.1 y Tabla 5.2) se expresan los descriptivos de las medidas de los parámetros temporales de las respuestas de reacción del Sujeto 1 a lo largo de la Línea Base (LB) y durante la aplicación de la Variable Independiente (VI). Se diferencian los valores registrados para las respuestas ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y hacia el centro del sujeto para facilitar el análisis de su evolución.

En la tabla siguiente (Tabla 5.3) se muestran los valores de precisión expresados en tanto por ciento de aciertos ante los diferentes lanzamientos.

Para analizar el Tiempo de Reacción (TR) y su variación lo vamos a hacer por separado diferenciando las respuestas ante los saques hacia la derecha, izquierda o centro del sujeto.

En la Figura 5.1, se observa un descenso del TR ante lanzamientos a la derecha a partir de la aplicación de la variable independiente en la cuarta serie (cuando comienza a aplicarse información inicial sobre preíndices). Durante el tratamiento se puede ver como hay todavía descenso aunque algo inferior con respecto a la diferencia con LB. Con relación a la precisión, desde el comienzo y a lo largo del tratamiento se observa un 100% de acierto (Figura 5.2).

Ante los lanzamientos hacia la izquierda, el comportamiento en TR es similar (Figura 5.3), destacando durante el tratamiento una precisión media del 93% que se expresa en la Figura 5.4 a lo largo de las series.

Con respecto a la evolución del TR ante lanzamientos al centro (Figura 5.5 y Figura 5.6), se observa un descenso desde el comienzo del tratamiento y hasta la retirada de las instrucciones acompañado de una precisión media del 93%.

En la Figura 5.7 se presenta de forma global la evolución de los parámetros temporales de la respuesta de reacción durante el experimento, permitiendo comparar el TR con el Tiempo de Movimiento (TM) y los valores resultantes de RR desde la LB hasta el final del tratamiento.

Con respecto al TM se puede observar por separado en la Figura 5.9, y en ningún caso se observa que exista una variación durante el tratamiento ni en ninguna de las respuestas ante los diferentes lanzamientos.

De esta forma, los valores de RR (Figura 5.10) son resultado del descenso en el TR tal y como se ha visto anteriormente.

El Sujeto 1 valoró el preíndice de la trayectoria de la raqueta por encima de los otros dos tal y como se refleja en la Figura 5.11 y en la Tabla 5.4, que recogen los valores expresados por el sujeto al finalizar cada sesión del tratamiento.

En la Figura 5.12 observamos los porcentajes de acierto como medida de la precisión en cada sesión. Durante el tratamiento se registró una precisión del 95%.

En resumen, se destaca un descenso en el TR a partir de la aplicación de la VI y durante todo el tratamiento en las tres situaciones estímulares (ante lanzamientos a la derecha, centro e izquierda), con un ligero aumento en las últimas tres sesiones coincidiendo con la retirada de la información inicial sobre los preíndices. El preíndice más valorado por el sujeto es el que viene dado por la trayectoria de la raqueta en su vuelo ascendente previo al golpeo, y la precisión no sufre una variación por debajo de un 95% de media a pesar de la reducción del TR.

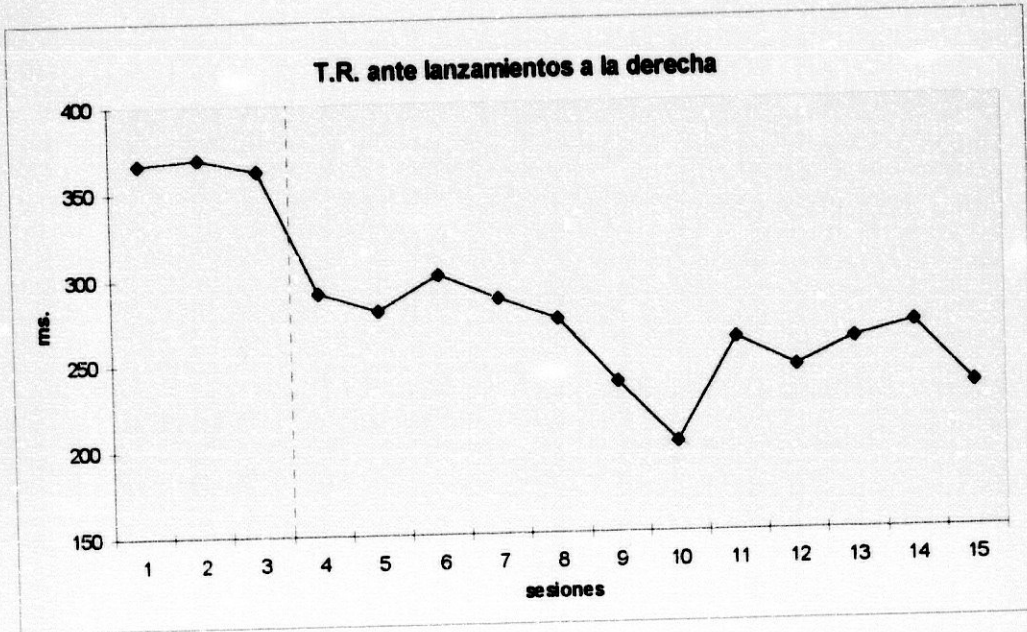


Figura 5.1: Sujeto 1. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su derecha.

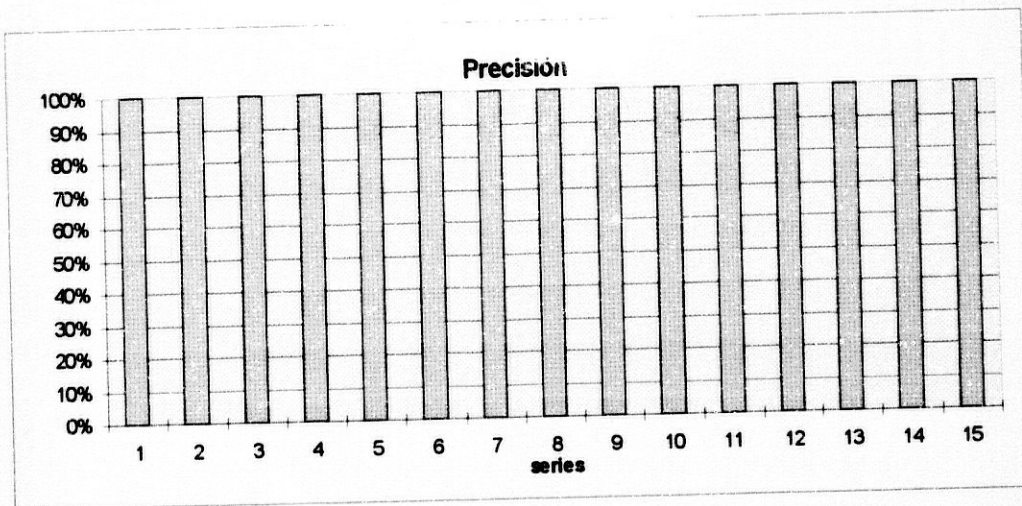


Figura 5.2: Sujeto 1. Precisión ante los lanzamientos a la derecha.

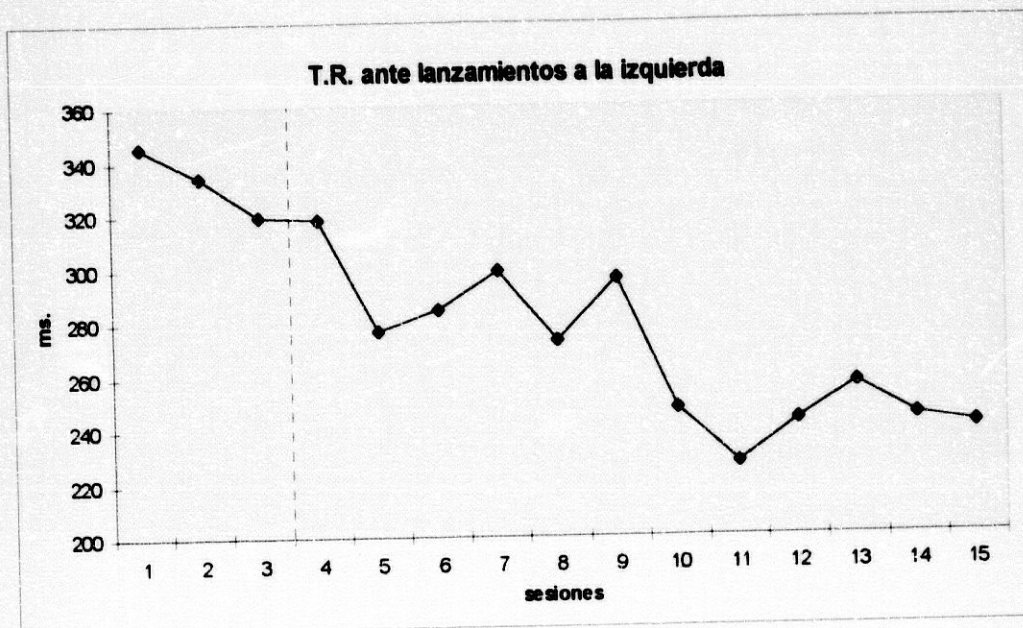


Figura 5.3: Sujeto 1. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia la izquierda del sujeto.

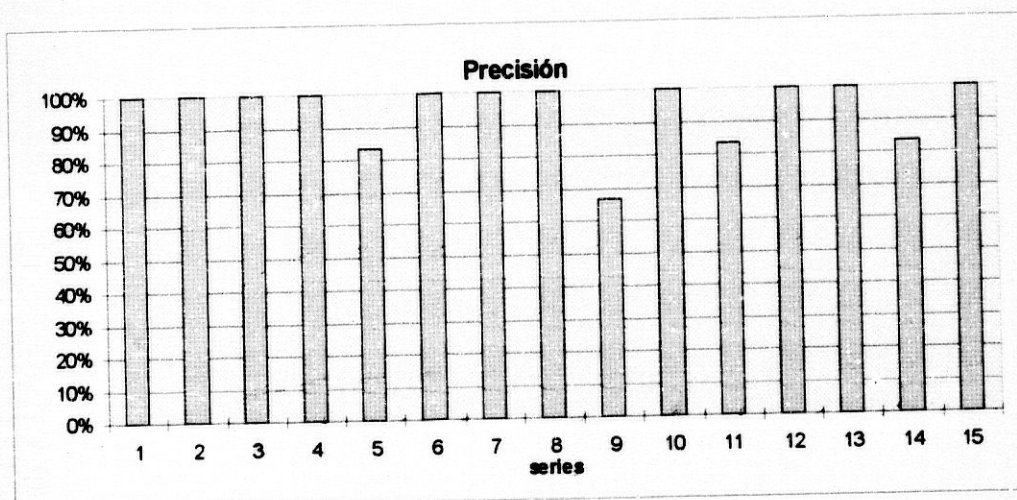


Figura 5.4: Sujeto 1. Precisión ante los lanzamientos a la izquierda.

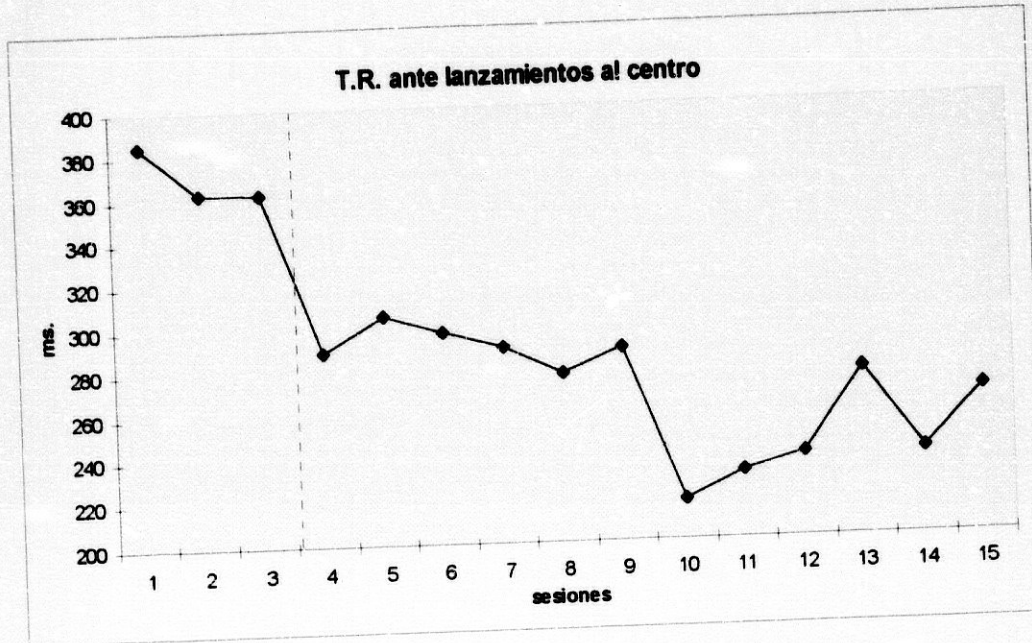


Figura 5.5: Sujeto 1. Resultados de Tiempo de Reacción ante lanzamientos realizados hacia el centro de la zona de saque.

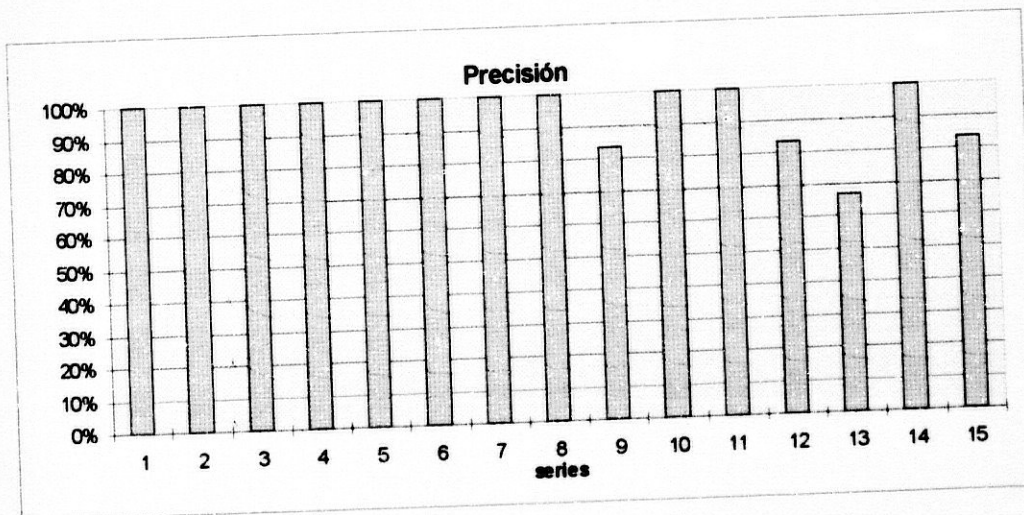


Figura 5.6: Sujeto 1. Precisión ante los lanzamientos hacia el centro

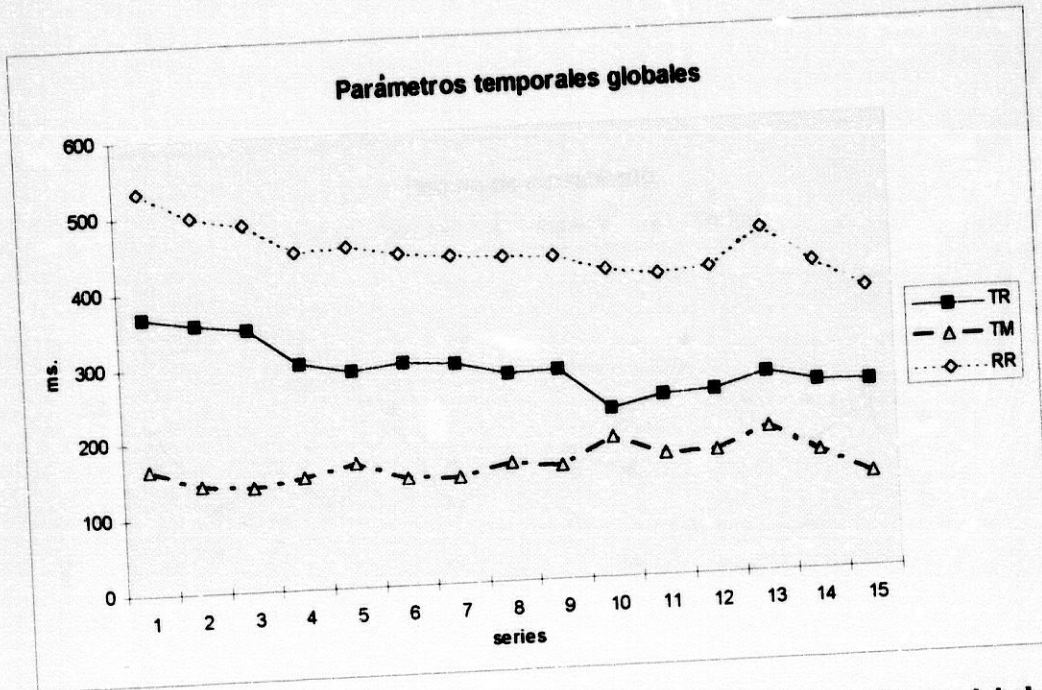


Figura 5.7: Parámetros temporales de la Respuesta de Reacción de forma global. Diferenciando Tiempo de Reacción, Tiempo de Movimientos y Respuesta de Reacción.

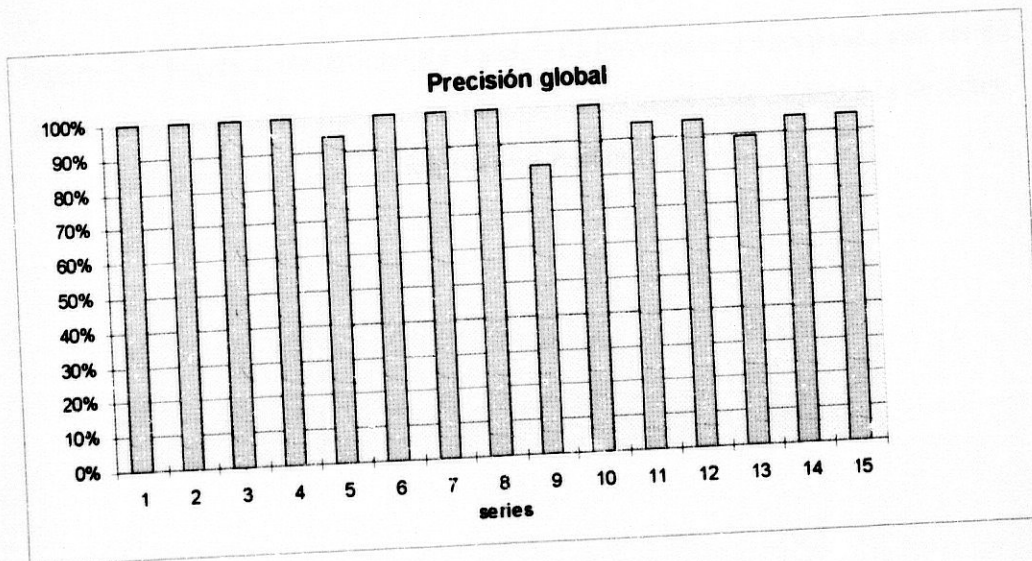


Figura 5.8: Sujeto 1. Precisión global por series.

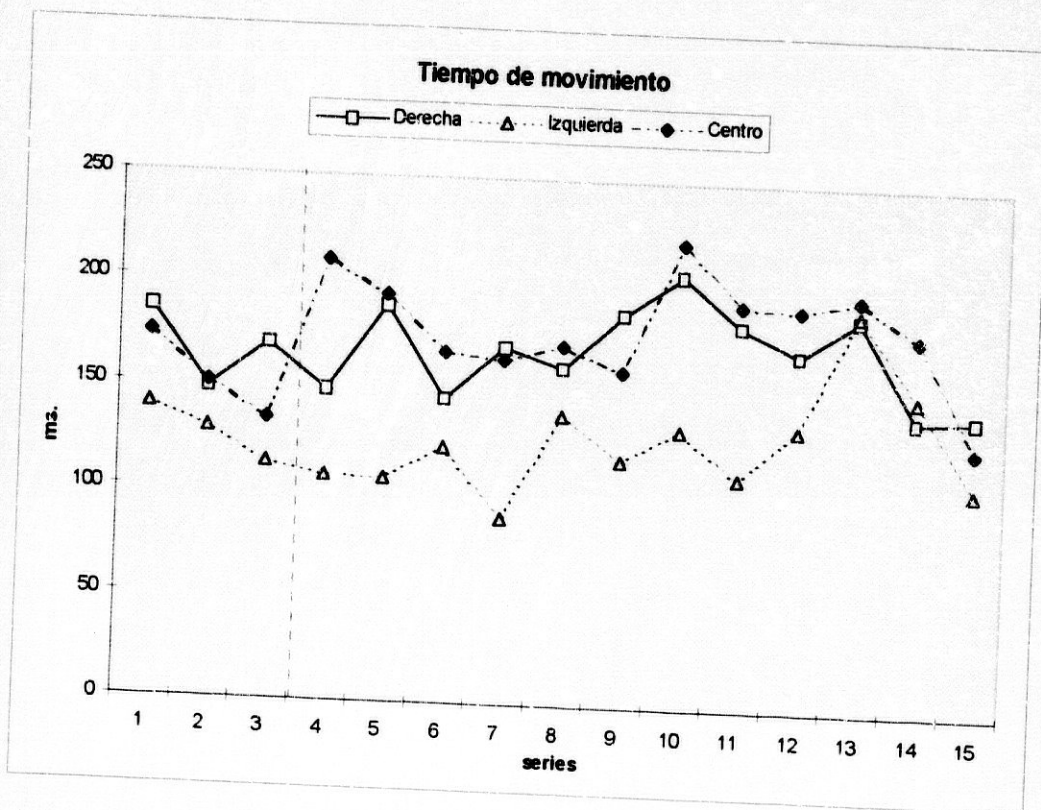


Figura 5.9: Sujeto 1. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Estan diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha, izquierda y centro.

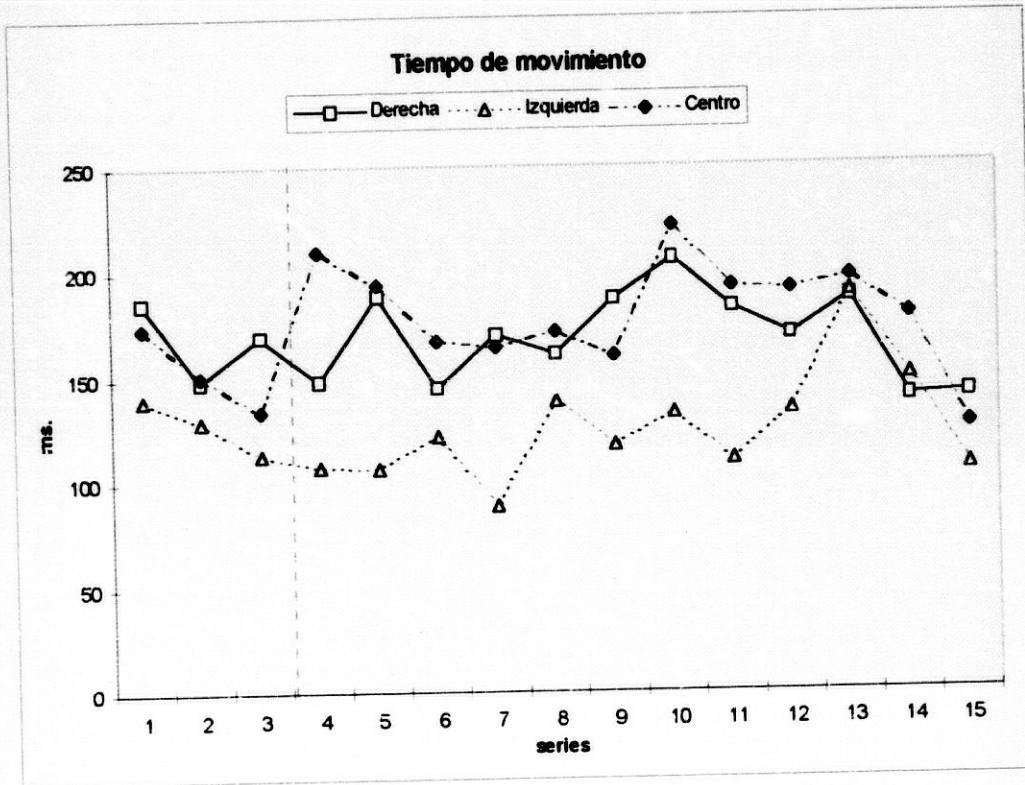


Figura 5.9: Sujeto 1. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Están diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha, izquierda y centro.

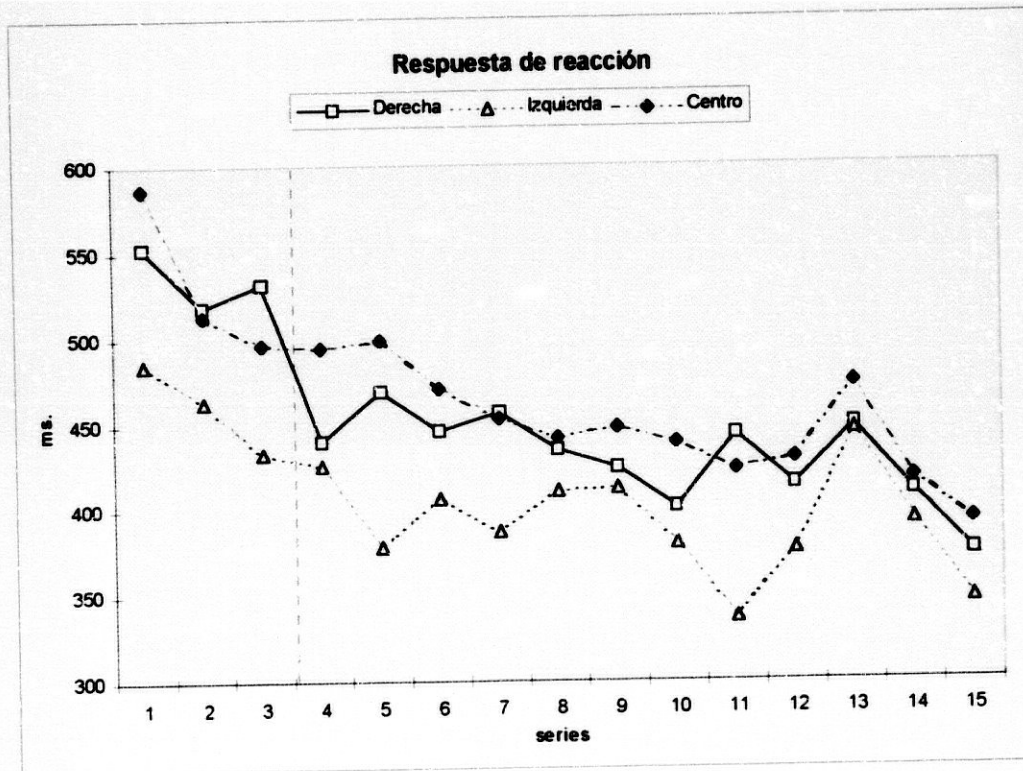


Figura 5.10: Sujeto 1. Resultados de Respuesta de Reacción diferenciando las respuestas ante lanzamientos hacia la derecha, izquierda y centro.

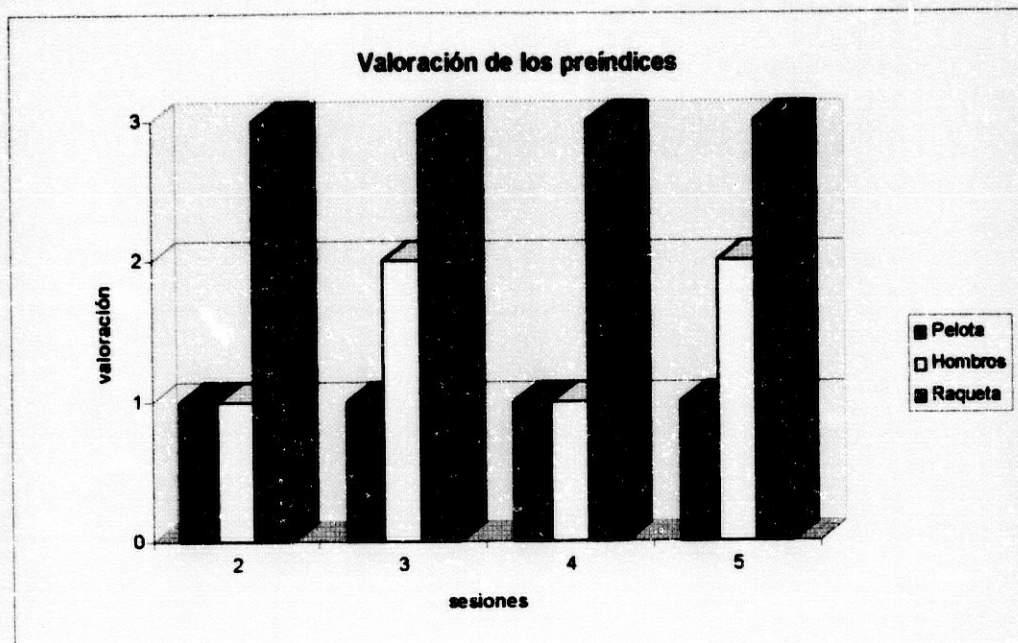


Figura 5.11: Sujeto 1. Valoración subjetiva de los preíndices aportados al sujeto.

Tabla 5.4: Sujeto 1. Valores de atención a los preíndices expresados por el sujeto.

Sesión	Posición de la pelota	Rotación de los hombros	Trayectoria de la raqueta
2	1	1	3
3	1	2	3
4	1	1	3
5	1	2	3

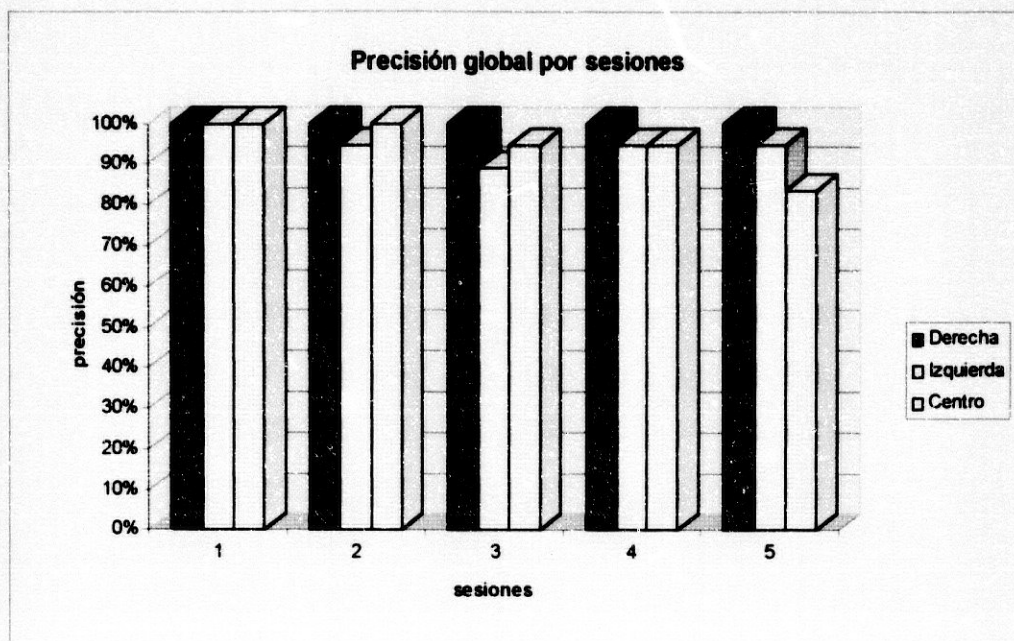


Figura 5.12: Sujeto 1. Precisión ante los diferentes lanzamientos agrupados por sesiones.

Tabla 5.5: Sujeto 1. Precisión global por sesiones.

Sesiones	Derecha	Izquierda	Centro
1	100%	100%	100%
2	100%	94%	100%
3	100%	89%	94%
4	100%	94%	94%
5	100%	94%	83%

Estadística inferencial:

Para el análisis de los resultados de un diseño intrasujeto la estadística descriptiva y la inspección visual sobre las curvas de rendimiento pueden ser instrumentos suficientes e incluso podemos encontrar autores que presentan fuentes de controversia en la evaluación mediante estadística inferencial (Barlow & Hersen, 1988; González, 1987; Arnau, 1984). En nuestro caso se realizará un análisis de los datos desde la estadística inferencial como complemento a las conclusiones de la inspección visual sobre las curvas de rendimiento anteriormente citadas.

El análisis de varianza de medidas repetidas de la influencia global del tratamiento sobre el TR se aprecia en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6: ANOVA global de medidas repetidas del tratamiento sobre TR

<i>FUENTE</i>	<i>D. F.</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Squares</i>	<i>F Ratio</i>	<i>F Prob.</i>
Error	208	343733,5793	1302,0211		
Tratamiento	4	487926,1753	121981,5438	97,09	,0000
Total	212	831659,7546			

Se obtiene un alto nivel de significación por lo que se confirma la tendencia a la mejora en el TR a partir de la aplicación de la VI.

La Tabla 5.7 y la Tabla 5.8 expresan la influencia del tratamiento sobre TM y RR en el tratamiento. De nuevo se confirman las ideas anteriores ya que no hay diferencias significativas en TM y sí en RR, por lo que lógicamente el tratamiento tiene efecto sobre RR al igual que sobre TR.

Tabla 5.7: ANOVA global de medidas repetidas del tratamiento sobre TM

FUENTE	D. F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Error	168	992043,3661	3952,3640		
Tratamiento	4	26129,6339	6532,4085	1,80	,132
Total	172	1018173,000			

Tabla 5.8: ANOVA global de medidas repetidas del tratamiento sobre RR

FUENTE	D. F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Error	172	1174446,053	4660,5002		
Tratamiento	4	298258,3286	74564,5822	14,64	,0000
Total	176	1472704,381			

Para realizar un analisis más pormenorizado del efecto del tratamiento se ha realizado la prueba a posteriori del test de Newman-Keuls (Tabla 5.9), que demuestra que existen diferencias significativas entre la sesión de línea base y las sesiones de tratamiento sobre el parámetro de Tiempo de Reacción.

Tabla 5.9: Prueba de Newman-Keuls para el TR sobre sesiones.

Mean	SESIONES	
233,2778	Sesion 4	
250,2407	Sesion 5	*
279,7736	Sesion 3	**
294,5000	Sesion 2	***
356,1296	Sesion 1	****

(*) Indica significación $p < 0.05$

5.2 SUJETO 2

Tabla 5.10: Sujeto 2. Descriptivos de las medidas de Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento, diferenciando las acciones ante lanzamientos a la derecha ,a la izquierda y al centro.

S	e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica
1	1	435,33	28,82	386,60	46,26	446,16	63,09	424,82	52,03
	2	416,83	46,56	389,16	19,04	450,66	41,02	418,88	43,69
	3	409,83	41,10	382,50	34,00	454,83	25,56	415,72	44,39
2	4	357,00	39,88	361,83	16,82	382,00	29,76	367,52	29,80
	5	339,00	49,81	351,00	35,17	376,00	15,65	355,33	37,65
	6	354,20	56,12	381,00	31,53	389,33	41,82	376,05	43,23
3	7	339,33	13,32	350,33	25,20	345,83	43,72	345,16	28,68
	8	337,83	59,04	342,50	24,59	342,50	30,57	340,94	38,51
	9	328,16	54,47	336,50	12,88	329,33	22,94	331,33	33,02
4	10	260,66	35,86	279,75	52,23	313,83	14,34	285,37	40,24
	11	307,16	12,93	289,66	29,89	332,50	117,47	309,77	68,54
	12	241,66	51,18	290,33	11,82	243,00	53,32	258,33	46,80
5	13	277,66	29,09	232,60	18,28	285,33	39,00	267,11	36,90
	14	218,50	53,27	258,33	40,55	293,00	24,43	256,61	49,75
	15	282,40	23,24	231,83	29,07	274,33	13,96	261,70	31,44
		Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica
1	1	256,16	21,40	208,40	39,01	1030,75	654,14	446,80	474,96
	2	242,66	30,09	190,66	13,72	475,16	437,24	302,83	269,72
	3	208,16	38,47	174,33	15,08	260,33	219,71	214,27	126,59
2	4	231,25	41,30	191,00	21,59	363,00	231,06	265,56	156,93
	5	214,83	17,40	174,33	26,33	189,00	21,94	192,94	27,31
	6	195,20	19,00	164,66	7,55	192,16	17,37	183,35	20,15
3	7	202,83	19,05	170,50	21,08	209,66	59,86	194,33	40,00
	8	206,16	17,87	181,66	23,50	177,16	32,44	188,33	27,16
	9	183,66	23,65	160,16	18,08	194,16	30,33	179,33	27,30
4	10	214,66	50,31	202,50	35,51	244,40	116,47	221,33	73,21
	11	207,16	22,76	180,50	20,79	181,50	42,48	189,72	31,17
	12	258,83	49,37	172,33	13,64	239,50	76,50	223,55	62,83
5	13	210,33	21,78	262,00	75,51	216,16	91,26	227,58	68,61
	14	203,33	34,00	218,33	110,52	193,16	74,96	204,94	75,49
	15	241,00	50,65	193,83	33,15	183,16	62,26	203,94	53,15

Tabla 5.11: Sujeto 2. Descriptivos de las medidas de Respuesta de Reacción.

S	e	S	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
			Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica
1	1	1	691,50	38,08	595,00	73,57	1470,00	601,39	866,93	472,31
		2	659,50	53,39	579,83	21,60	925,83	443,85	721,72	286,52
		3	618,00	67,18	556,83	45,49	715,16	209,33	630,00	139,01
2	4	4	580,75	56,06	552,83	28,56	745,00	218,26	631,87	158,41
		5	553,83	39,94	525,33	33,26	568,60	22,32	548,11	36,15
		6	549,40	66,30	545,66	30,24	581,50	43,94	559,41	47,68
3	7	7	542,16	24,43	520,83	27,85	555,50	78,00	539,50	49,08
		8	544,00	48,86	524,16	41,47	519,66	49,76	529,27	45,33
		9	511,83	68,60	496,66	19,73	523,50	34,34	510,66	44,42
4	10	10	475,33	40,96	482,25	41,68	558,00	112,54	504,73	78,22
		11	514,33	22,68	470,16	30,45	514,00	142,83	499,50	82,94
		12	500,50	63,63	462,66	18,70	482,50	44,29	481,88	46,08
5	13	13	488,00	41,44	494,60	63,64	501,50	77,84	494,70	58,96
		14	421,83	59,42	476,66	87,76	486,16	73,24	461,55	75,71
		15	523,40	48,73	425,66	38,72	457,50	63,68	465,64	63,21

Tabla 5.12: Sujeto 2. Porcentaje de acierto en la elección correcta del gesto. Diferenciando cuando el lanzador realiza el gesto a la izquierda, derecha o centro.

Sesión	Serie	Precisión			
		Ante lanzamientos a la derecha	Ante lanzamientos a la izquierda	Ante lanzamientos al centro	Total
1	1	100%	100%	100%	100%
	2	100%	100%	100%	100%
	3	100%	100%	100%	100%
2	4	100%	83%	100%	94%
	5	100%	100%	100%	100%
	6	100%	100%	100%	100%
3	7	100%	100%	100%	100%
	8	100%	100%	100%	100%
	9	100%	100%	100%	100%
4	10	83%	100%	100%	94%
	11	100%	100%	100%	100%
	12	100%	100%	100%	100%
5	13	100%	100%	100%	100%
	14	100%	100%	100%	100%
	15	100%	100%	100%	100%

Al igual que en el Sujeto 1, y como haremos con el resto de sujetos expresamos en las dos primeras tablas (Tabla 5.10 y Tabla 5.11) los descriptivos de todas las medidas de los parámetros temporales de las respuestas de reacción a lo largo de la LB y durante la aplicación de la VI. Así mismo, se diferencian los valores registrados para las respuestas ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y hacia el centro del sujeto para facilitar el análisis de su evolución.

En la Tabla 5.12 se muestran los valores de precisión expresados en tanto por ciento de aciertos ante los diferentes lanzamientos.

Dado que se observan unos resultados con una evolución similar al Sujeto 1, vamos a seguir la misma secuencia de análisis resaltando aquellos puntos divergentes.

Se observa un descenso del TR ante lanzamientos a la derecha cuando se aplica la variable independiente aportando instrucciones sobre los preíndices (Figura 5.13). Esta mejora se ve acompañada de un mantenimiento alto en los niveles de precisión consiguiendo un 100% en todas las series excepto en la 10ª que desciende al 83% (Figura 5.14)

Ante los lanzamientos hacia la izquierda (Figura 5.15), el descenso del TR es menor en las primeras series del tratamiento y mayor en las últimas dos sesiones coincidiendo con un ligero cambio de criterio en la valoración de preíndices como veremos más adelante. También se observan valores altos de precisión (Figura 5.16), excepto en la 1ª serie del tratamiento (83%).

Con respecto a la evolución del TR ante lanzamientos al centro (Figura 5.17 y Figura 5.18), se observa un descenso desde el comienzo del tratamiento y hasta la retirada de la información acompañado de una precisión máxima.

En la Figura 5.19 se muestra la evolución durante el experimento de los parámetros temporales de la respuesta de reacción de forma global, permitiendo comparar el TR con el TM y los valores resultantes de RR desde la LB hasta el final del tratamiento.

Con respecto al TM hemos separado por un lado los resultados ante lanzamientos a derecha e izquierda (Figura 5.21) y ante los lanzamientos al centro (Figura 5.22), ya que en estos últimos se observan en la LB valores muy altos. Valores por encima del resto del experimento y superiores a las otras condiciones estímulares, pero en ningún caso se puede ver que varíen los tiempos por la aplicación del tratamiento.

De esta forma, los valores de RR (Figura 5.23) son arrastrados por el TR provocando una mejora durante la aplicación de información sobre los preíndices destacando el comportamiento específico ante los lanzamientos al centro.

El Sujeto 2 consideró principalmente el preíndice de la trayectoria de la raqueta en la primera sesión del tratamiento, cambió posteriormente para considerar la rotación de los hombros y la posición de la pelota, terminando en las dos últimas sesiones valorando principalmente la información sobre los hombros y la raqueta. Esta evolución se puede observar en la Figura 5.24 y en la Tabla 5.13.

En la Figura 5.25 observamos los porcentajes de acierto como medida de la precisión en cada sesión. Durante el tratamiento se registró una precisión del 99%.

Resumiendo, el descenso del TR en el momento de la aplicación de la VI y durante todo el tratamiento en las tres situaciones estímulares arrastra la RR obteniendo resultados de precisión altos similares a la LB. Destaca una evolución en el preíndice más valorado por el sujeto. Se observan ciertas diferencias en las respuestas ante lanzamientos al centro en la LB con mayores TM aunque el TR evoluciona positivamente.

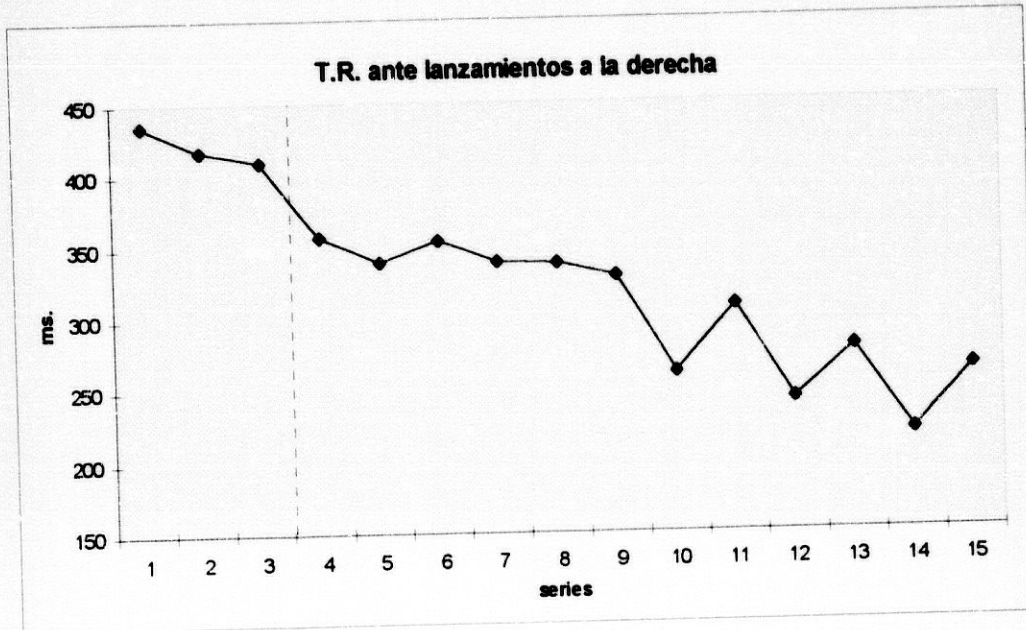


Figura 5.13: Sujeto 2. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su derecha.

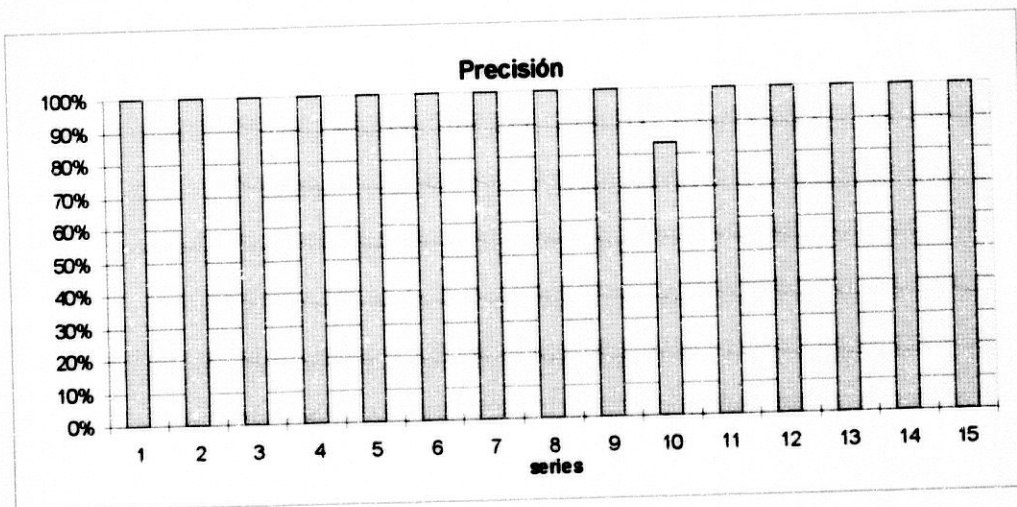


Figura 5.14: Sujeto 2. Precisión ante los lanzamientos a la derecha.

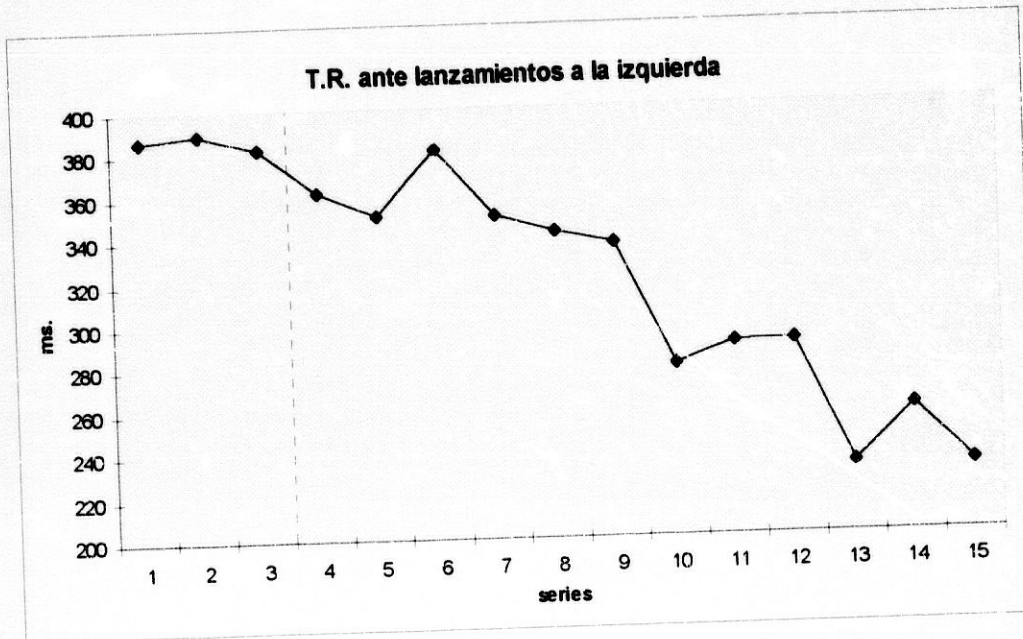


Figura 5.15: Sujeto 2. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia la izquierda del sujeto.

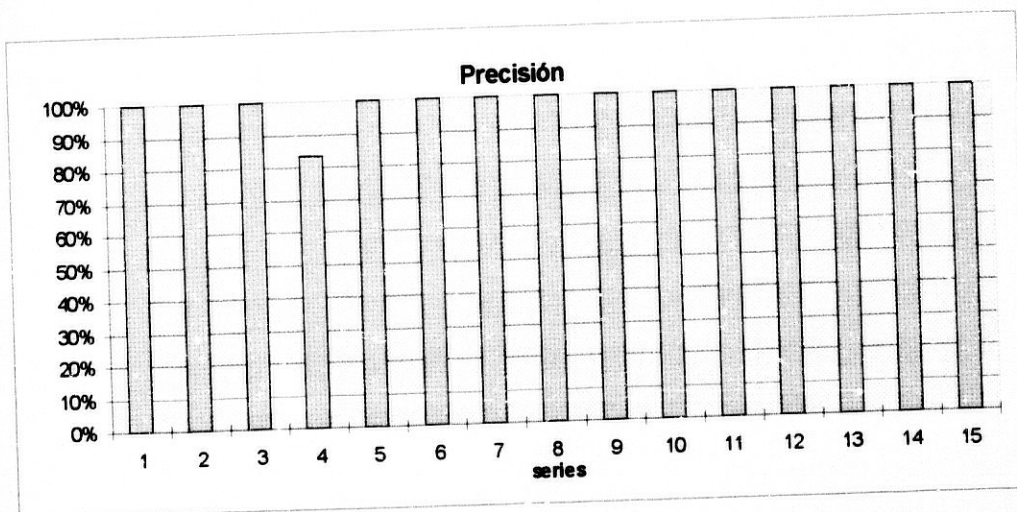


Figura 5.16: Sujeto 2. Precisión ante los lanzamientos a la izquierda.

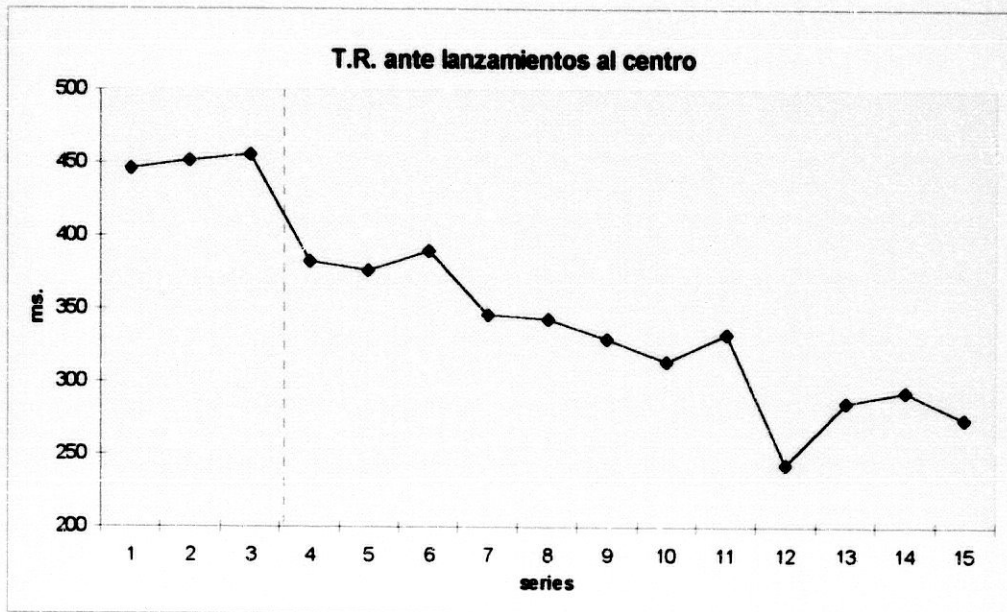


Figura 5.17: Sujeto 2. Resultados de Tiempo de Reacción ante lanzamientos realizados hacia e' centro de la zona de saque.

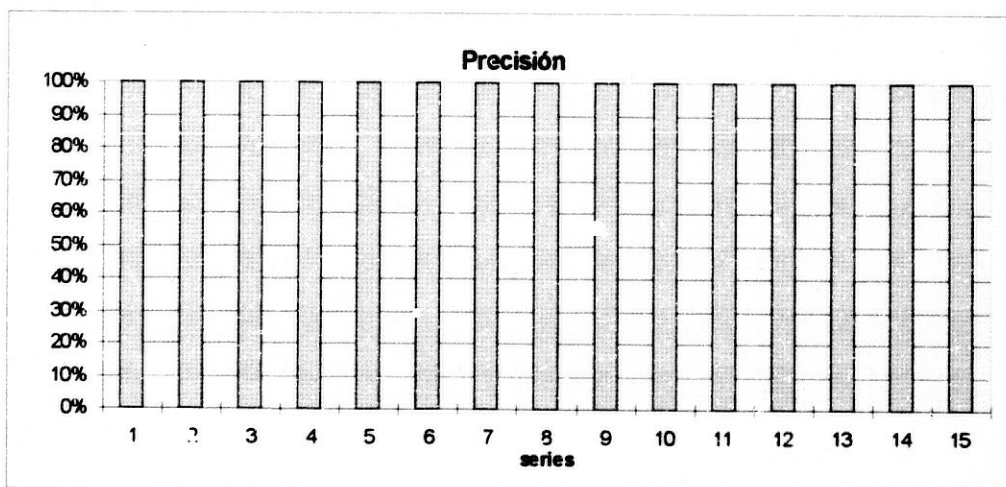


Figura 5.18: Sujeto 2. Precisión ante los lanzamientos hacia el centro

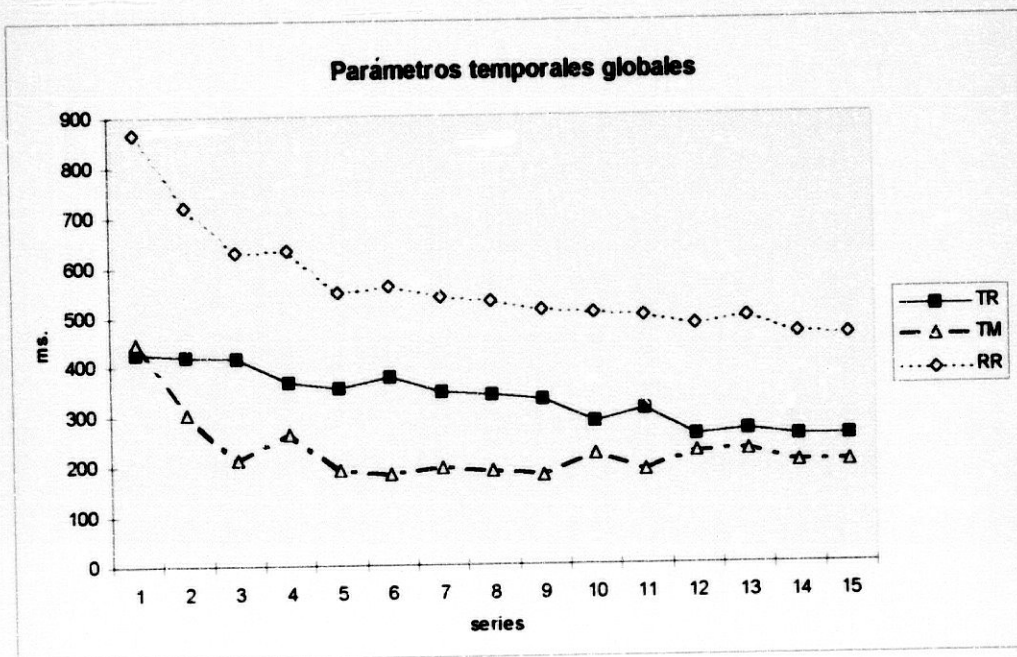


Figura 5.19: Sujeto 2. Parámetros temporales de la Respuesta de Reacción de forma global. Diferenciando Tiempo de Reacción, Tiempo de Movimientos y Respuesta de Reacción.

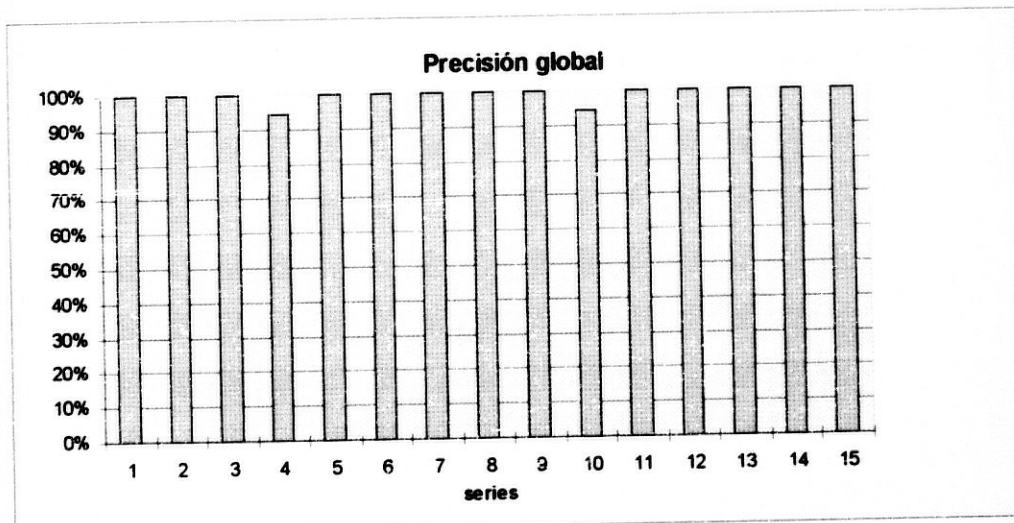


Figura 5.20: Sujeto 2. Precisión global por series.

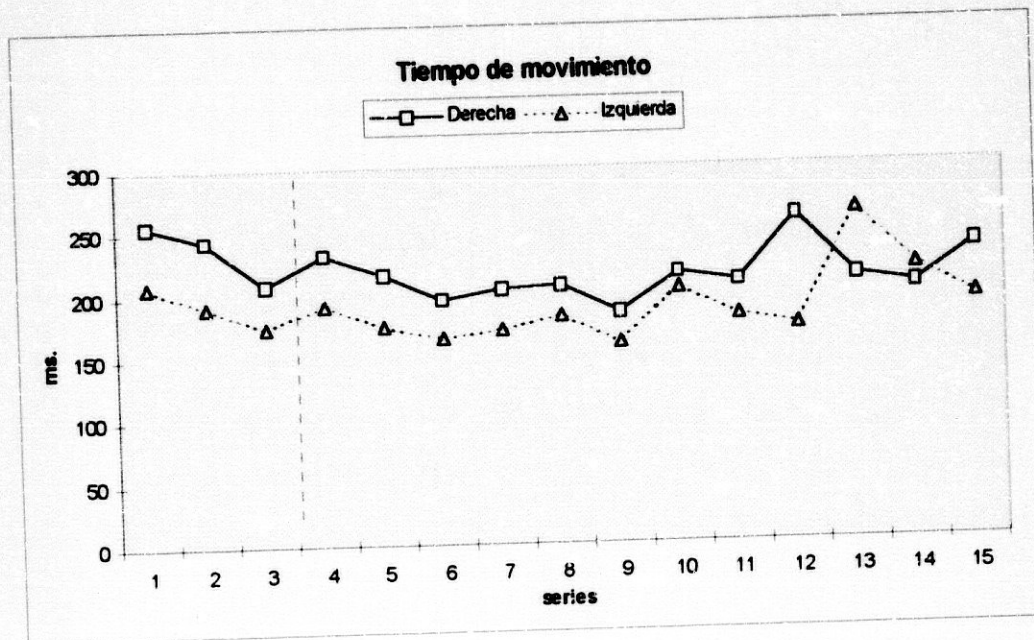


Figura 5.21: Sujeto 2. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Estan diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha y a la izquierda.

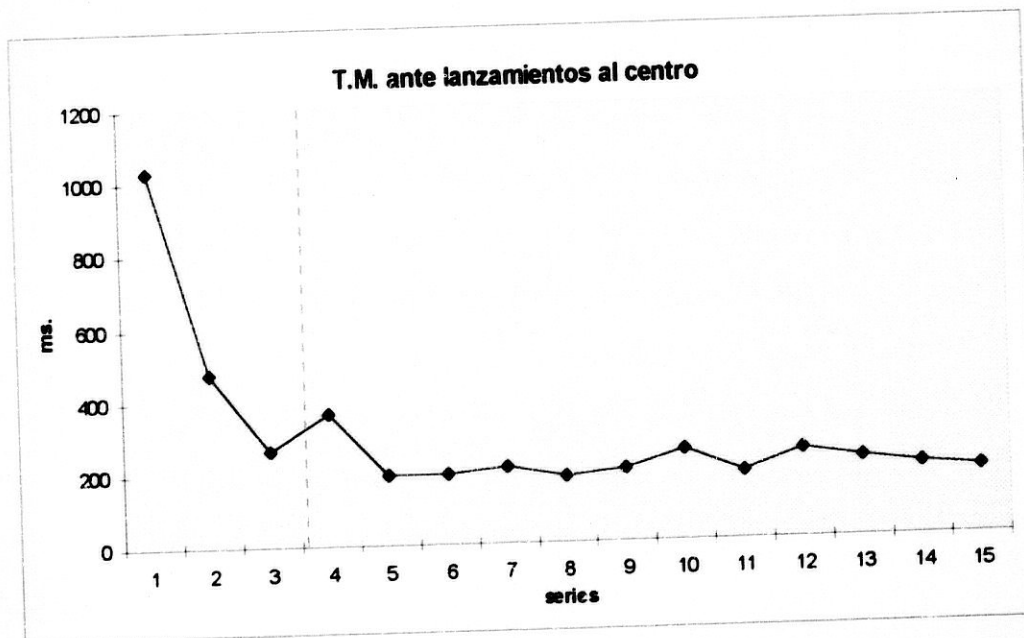


Figura 5.22: Sujeto 2. Resultados de Tiempo de Movimiento ante lanzamientos al centro

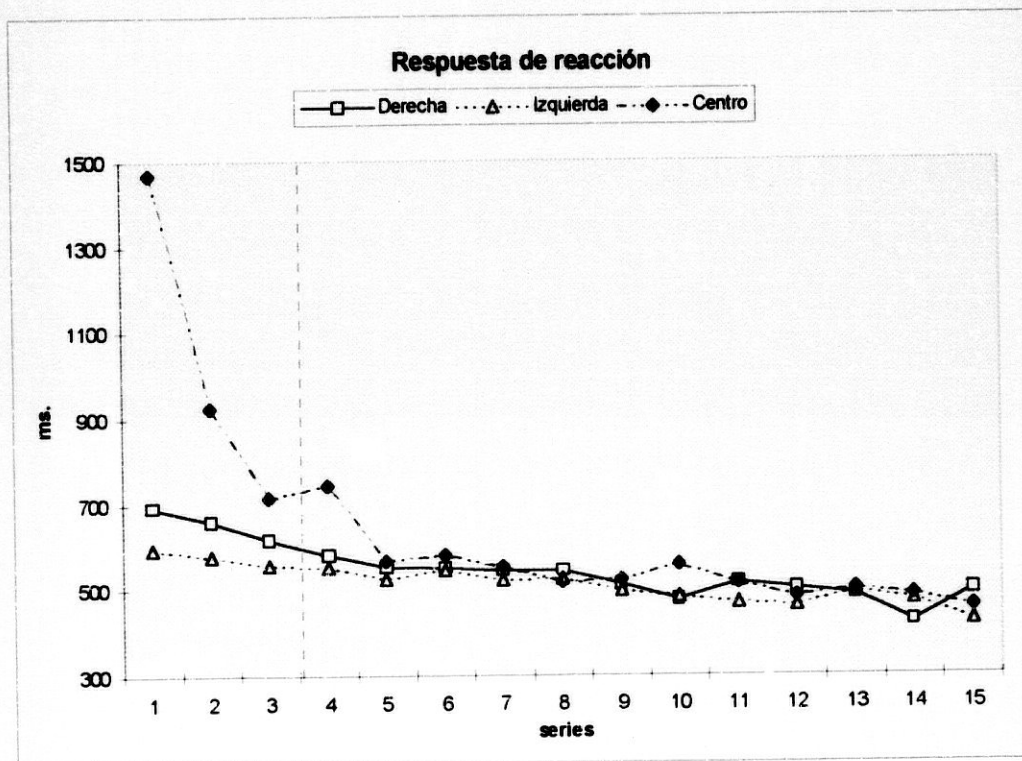


Figura 5.23: Sujeto 2. Resultados de Respuesta de Reacción diferenciando las respuestas ante lanzamientos hacia la derecha, izquierda y centro.

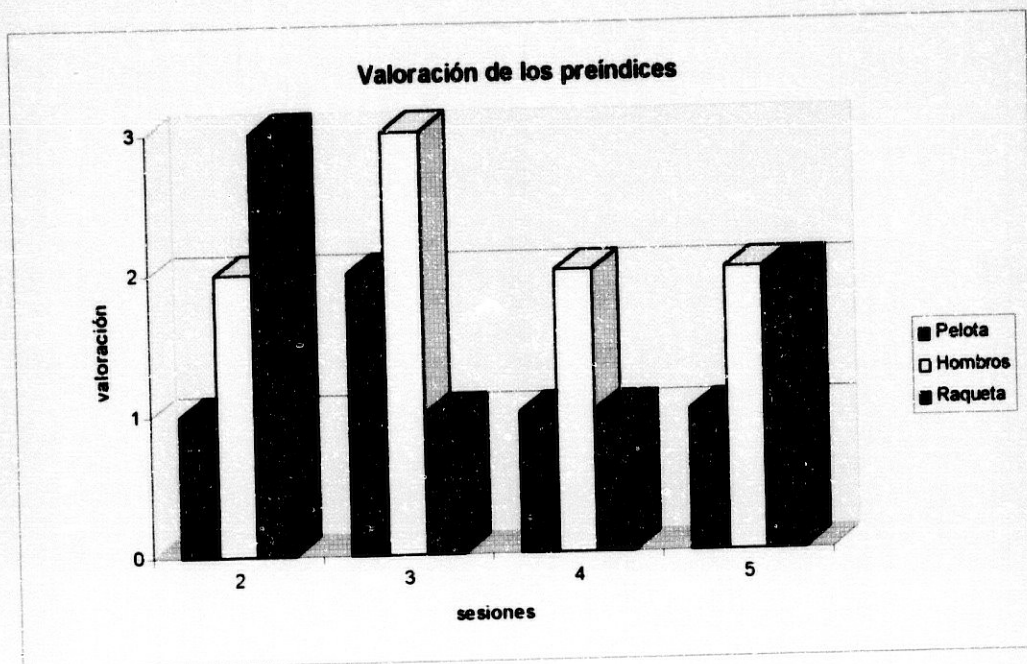


Figura 5.24: Sujeto 2. Valoración subjetiva de los preíndices aportados al sujeto.

Tabla 5.13: Sujeto 2. Valores de atención a los preíndices expresados por el sujeto.

Sesión	Posición de la pelota	Rotación de los hombros	Trayectoria de la raqueta
2	1	2	3
3	2	3	1
4	1	2	1
5	1	2	2

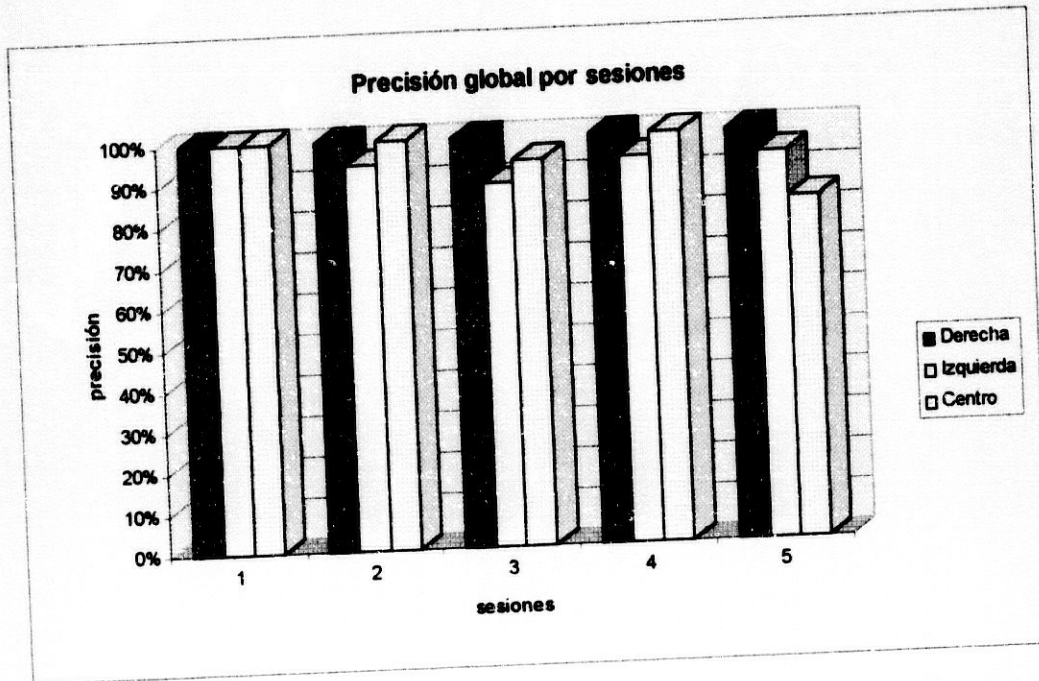


Figura 5.25: Sujeto 2. Precisión ante los diferentes lanzamientos agrupados por sesiones.

Tabla 5.14: Sujeto 2. Precisión global por sesiones.

Sesiones	Derecha	Izquierda	Centro
1	100%	100%	100%
2	100%	94%	100%
3	100%	89%	94%
4	100%	94%	100%
5	100%	94%	83%

Estadística inferencial:

Se realizará un análisis de los datos desde la estadística inferencial como complemento a las conclusiones de la inspección visual sobre las curvas de rendimiento anteriormente mostradas.

El análisis de varianza de medidas repetidas de la influencia global del tratamiento sobre el TR se aprecia en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15: ANOVA global de medidas repetidas del tratamiento sobre TR

<i>FUENTE</i>	<i>D. F.</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Squares</i>	<i>F Ratio</i>	<i>F Prob.</i>
Error	188	496692,3326	1917,7310		
Tratamiento	4	863138,9250	215784,7312	104,84	,0000
Total	192	1359831,258			

Se obtiene un alto nivel de significación por lo que se confirma de nuevo la tendencia a la mejora en el TR a partir de la aplicación de la VI.

La Tabla 5.16 expresa la influencia del tratamiento sobre RR en el tratamiento. La variación de RR se ve afectada por el comportamiento peculiar de TM en la sesión inicial.

Tabla 5.16: ANOVA global de medidas repetidas del tratamiento sobre RR

<i>FUENTE</i>	<i>D. F.</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Squares</i>	<i>F Ratio</i>	<i>F Prob.</i>
Error	172	6410927,591	25239,8724		
Tratamiento	4	2217765,798	554441,4496	21,03	,0000
Total	176	8628693,390			

Realizamos un análisis pormenorizado del efecto del tratamiento a través de la prueba a posteriori del test de Newman-Keuls (Tabla 5.17). Esta demuestra diferencias significativas entre la sesión de LB con el resto.

Tabla 5.17: Prueba de Newman-Keuls para el TR sobre sesiones.

		S	S	S	S	S
		e	e	e	e	e
		s	s	s	s	s
		i	i	i	i	i
		o	o	o	o	o
		n	n	n	n	n
		5	4	3	2	1
Mean	SESIONES					
259,8868	Sesion 5					
284,4615	Sesion 4	*				
339,1481	Sesion 3	*	*			
366,0962	Sesion 2	*	*	*		
419,7170	Sesion 1	*	*	*	*	
(*) Indica significación $p < 0.05$						

5.3 SUJETO 3

Tabla 5.18: Sujeto 3. Descriptivos de las medidas de Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento, diferenciando las acciones ante lanzamientos a la derecha ,a la izquierda y al centro.

S	e	S	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
			Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica
1	1	1	291,50	70,85	288,50	50,61	-	-	290,00	58,72
		2	316,83	55,20	326,50	44,63	234,00	157,97	319,73	44,37
		3	312,16	60,14	305,66	30,81	248,16	137,99	305,64	52,85
2	4	4	253,83	48,32	286,50	23,90	279,00	30,80	269,69	38,93
		5	165,60	83,10	217,00	96,18	272,00	14,14	203,63	85,36
		6	230,40	28,97	206,66	42,79	197,66	35,64	213,21	36,70
3	7	7	245,50	25,26	247,33	54,85	240,00	33,94	245,50	38,70
		8	184,80	95,65	220,75	25,15	223,00	33,05	208,71	60,33
		9	183,33	35,62	195,33	57,74	220,33	55,19	195,58	44,56
4	10	10	195,40	46,30	184,16	80,24	224,50	27,57	194,69	60,53
		11	219,00	67,70	203,00	48,11	199,20	88,14	207,06	65,34
		12	212,25	31,53	266,60	38,23	202,66	53,81	232,50	47,43
5	13	13	240,75	35,23	234,00	55,43	-	-	237,00	44,88
		14	186,20	51,04	218,66	30,66	189,00	7,11	195,25	36,51
		15	217,50	4,94	226,00	19,84	177,20	102,61	222,50	21,54
			Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica
1	1	1	370,50	211,87	204,80	37,65	-	-	278,44	158,65
		2	182,50	33,92	167,66	48,45	414,00	216,37	209,21	111,91
		3	221,83	35,95	166,33	31,08	329,25	195,89	227,87	112,68
2	4	4	214,50	59,32	166,50	36,99	347,00	121,62	220,58	85,48
		5	180,00	36,58	173,50	31,64	173,50	92,63	176,45	41,29
		6	268,40	33,61	187,60	49,74	388,33	168,48	265,00	110,61
3	7	7	217,00	44,97	264,00	74,50	316,00	118,79	252,09	73,31
		8	198,80	44,55	214,00	46,85	239,40	47,88	217,64	46,31
		9	266,50	88,19	210,66	57,27	176,00	-	234,25	74,75
4	10	10	188,60	43,91	166,00	72,63	287,50	130,81	193,38	78,28
		11	186,20	62,78	183,40	62,66	254,60	15,45	208,06	58,97
		12	222,25	55,65	184,20	99,93	250,33	50,08	213,41	75,63
5	13	13	193,25	65,71	158,33	57,49	-	-	178,28	60,07
		14	230,40	63,34	199,00	77,31	183,75	42,25	207,00	59,12
		15	147,00	-	151,25	39,83	173,66	28,91	159,12	32,65

Tabla 5.19: Sujeto 3. Descriptivos de las medidas de Respuesta de Reacción.

S e r i e	S e r i e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica
1	1	659,25	224,21	510,40	42,86			576,55	161,01
	2	499,33	47,64	494,16	73,11	710,50	236,88	527,28	115,22
	3	534,00	38,48	472,00	32,63	646,60	128,76	545,23	101,04
2	4	468,33	83,99	453,00	42,16	608,50	129,40	486,58	92,23
	5	345,60	105,07	390,50	111,06	445,50	78,48	380,09	101,12
	6	498,80	17,59	384,40	42,39	586,00	173,23	474,92	111,53
3	7	470,00	28,29	485,50	51,31	556,00	84,85	491,27	53,92
	8	383,60	121,51	434,75	68,22	462,40	71,23	426,35	91,67
	9	448,75	122,54	406,00	114,68	412,00	-	428,12	103,36
4	10	384,00	64,66	350,16	130,22	512,00	158,39	388,07	117,62
	11	405,20	94,72	386,40	97,04	453,80	85,93	415,13	90,71
	12	434,50	47,02	450,80	86,66	453,00	103,55	445,91	73,18
5	13	434,00	43,66	400,00	130,45	-	-	419,42	83,40
	14	416,60	77,30	417,66	97,98	372,75	40,64	402,25	69,60
	15	368,00	-	377,25	50,26	382,00	15,71	377,87	34,27

**Tabla 5.20: Sujeto 3. Porcentaje de acierto en la elección correcta del gesto.
Diferenciando cuando el lanzador realiza el gesto a la izquierda, derecha o centro.**

S e r i o n	S e r i e	Precisión			
		Ante lanzamientos a la derecha	Ante lanzamientos a la izquierda	Ante lanzamientos al centro	Total
1	1	100%	100%	0%	67%
	2	100%	100%	67%	89%
	3	100%	100%	100%	100%
2	4	67%	100%	50%	72%
	5	67%	83%	33%	61%
	6	100%	83%	50%	78%
3	7	100%	100%	33%	78%
	8	67%	83%	83%	78%
	9	50%	100%	50%	67%
4	10	100%	83%	33%	72%
	11	83%	83%	83%	83%
	12	83%	67%	50%	67%
5	13	83%	67%	0%	50%
	14	50%	83%	67%	67%
	15	67%	33%	83%	61%

En las dos primeras tablas (Tabla 5.18 y Tabla 5.19) se muestran los descriptivos de las medidas de los parámetros temporales de las respuestas de reacción a lo largo de LB y durante la aplicación de VI. También se diferencian los valores registrados para las respuestas ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y hacia el centro del sujeto.

En la Tabla 5.20 se muestran los valores de precisión expresados en tanto por ciento de aciertos ante los diferentes lanzamientos.

Vamos a destacar aquellos puntos relevantes sobre el análisis de los resultados del Sujeto 3.

En la primera figura (Figura 5.26) se presenta la evolución del TR ante lanzamientos hacia la derecha y hacia la izquierda del sujeto. Se observa un descenso del TR a partir de la aplicación del tratamiento, este descenso se mantiene durante las siguientes sesiones. Durante las últimas sesiones no mejora sensiblemente los resultados de TR coincidiendo esta circunstancia con un cambio en la valoración de los preíndices en las sesiones 3 y 4 como se observa en la Figura 5.34 y la Tabla 5.22.

Hay que destacar, sin embargo, unos valores de precisión que escasamente llegan al 100% en alguna serie, valores que aún no descendiendo de forma global en ningún momento del 50% (Figura 5.27) suponen un número de errores a considerar.

Esta situación se puede comprender si observamos la siguiente gráfica (Figura 5.28 y Figura 5.29) en la que se muestran los valores de TR para las respuestas ante lanzamientos al centro, donde en alguna sesión no se registraron tiempos dado que la precisión llegó a alcanzar 0%. Esto ocurrió en las series 1 y 13, es decir, tanto en la LB como durante la aplicación de la VI. Esta falta de precisión ante lanzamientos al centro causa unos valores medios menores aunque la precisión ante los lanzamientos hacia la derecha e izquierda es superior (Tabla 5.21).

En la Figura 5.30 se muestra la evolución de los parámetros temporales de la respuesta de reacción de forma global durante el experimento, permitiendo comparar el TR con el TM y los valores resultantes de RR desde la LB hasta el final del tratamiento.

El TM no experimenta una variación con la aplicación de la VI (Figura 5.31). Al presentar por separado los valores registrados para las respuestas ante las diferentes situaciones estímulares observamos valores medios de TM en las respuestas ante lanzamientos al centro superiores al resto en las series 2, 3, 4, 6 y 7 y ligeramente en 10, 11, 12.

Los datos obtenidos sobre RR (Figura 5.32) muestran un descenso durante el tratamiento producto, como hemos visto, de la sensibilidad del TR al tratamiento.

Ya hemos comentado que el Sujeto 3 varió su consideración sobre los preíndices valorando inicialmente la trayectoria de ascenso de la raqueta para fijarse en la posición de la pelota en las últimas sesiones (Figura 5.34).

Los porcentajes de acierto en la elección de la respuesta correcta se plasman por sesiones en la Figura 5.33 y en la Tabla 5.21. La precisión en LB alcanza de forma global un 85%, mientras que durante la aplicación de la VI y su retirada el sujeto manifestó un 69,5%. Ya hemos visto el efecto que las respuestas ante los lanzamientos al centro han tenido sobre la precisión global.

En resumen, hay un descenso en el TR cuando se comienza a aplicar la VI y durante todo el tratamiento en las tres situaciones estímulares con una precisión total inferior destacando los errores ante los lanzamientos al centro y el cambio de criterio sobre los preíndices durante el tratamiento. Los valores de TM no parecen influir sobre la RR que varía producto de la reducción del TR.

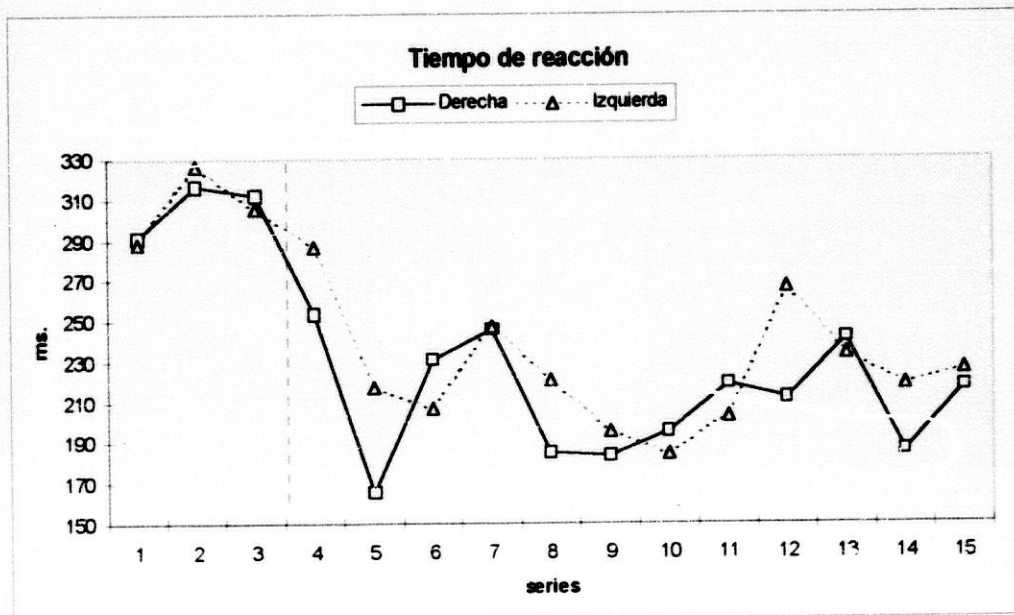


Figura 5.26: Sujeto 3. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su derecha y hacia su izquierda.

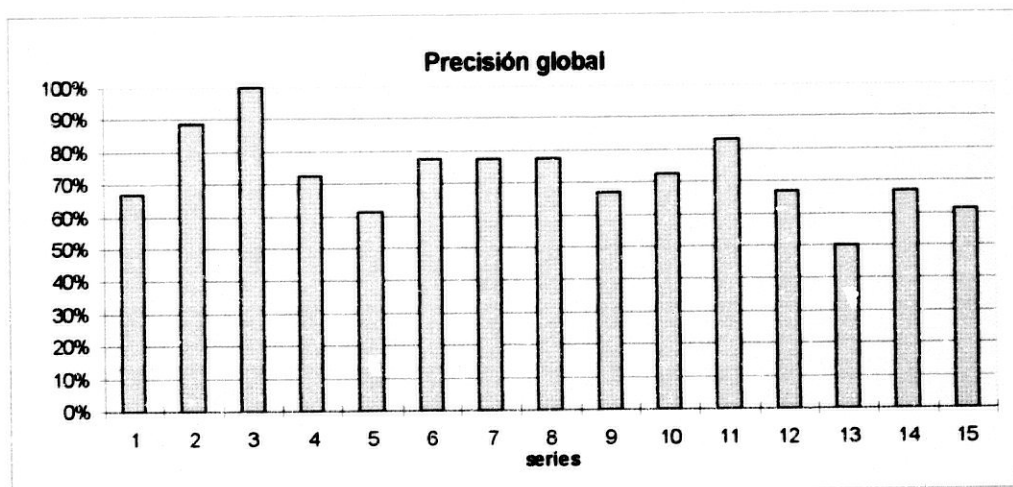


Figura 5.27: Sujeto 3. Precisión global por series.

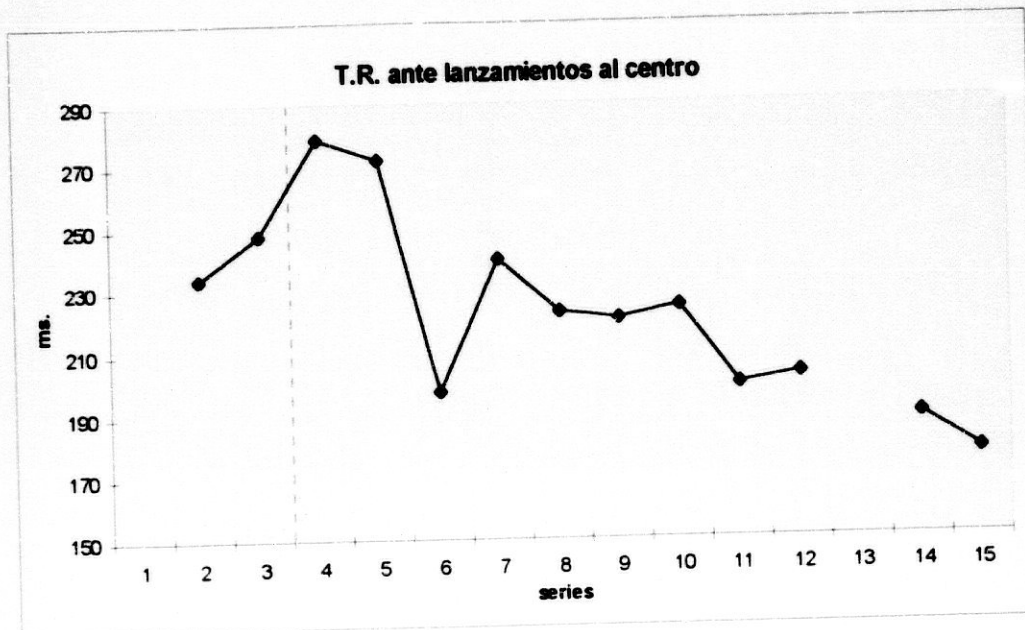


Figura 5.28: Sujeto 3. Resultados de Tiempo de Reacción ante lanzamientos realizados hacia el centro de la zona de saque.

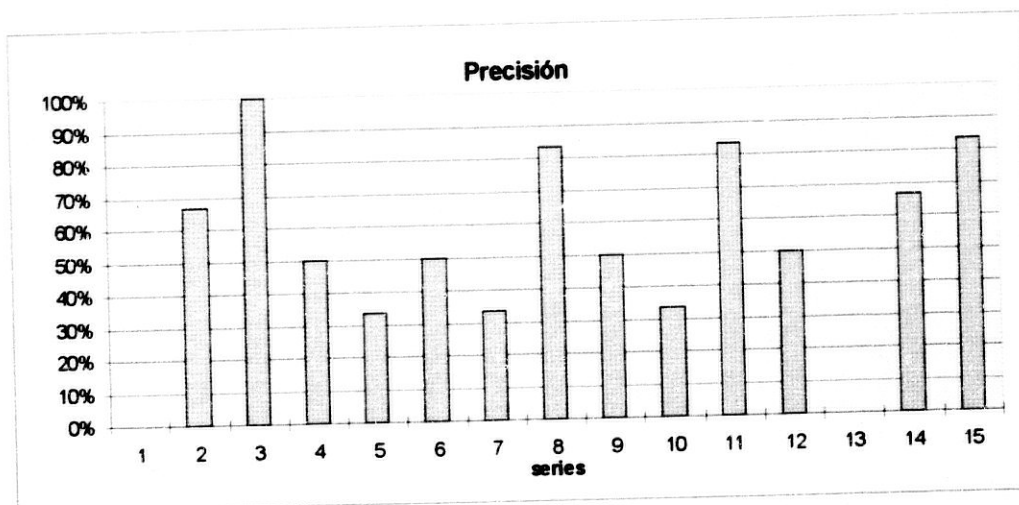


Figura 5.29: Sujeto 3. Precisión ante los lanzamientos hacia el centro

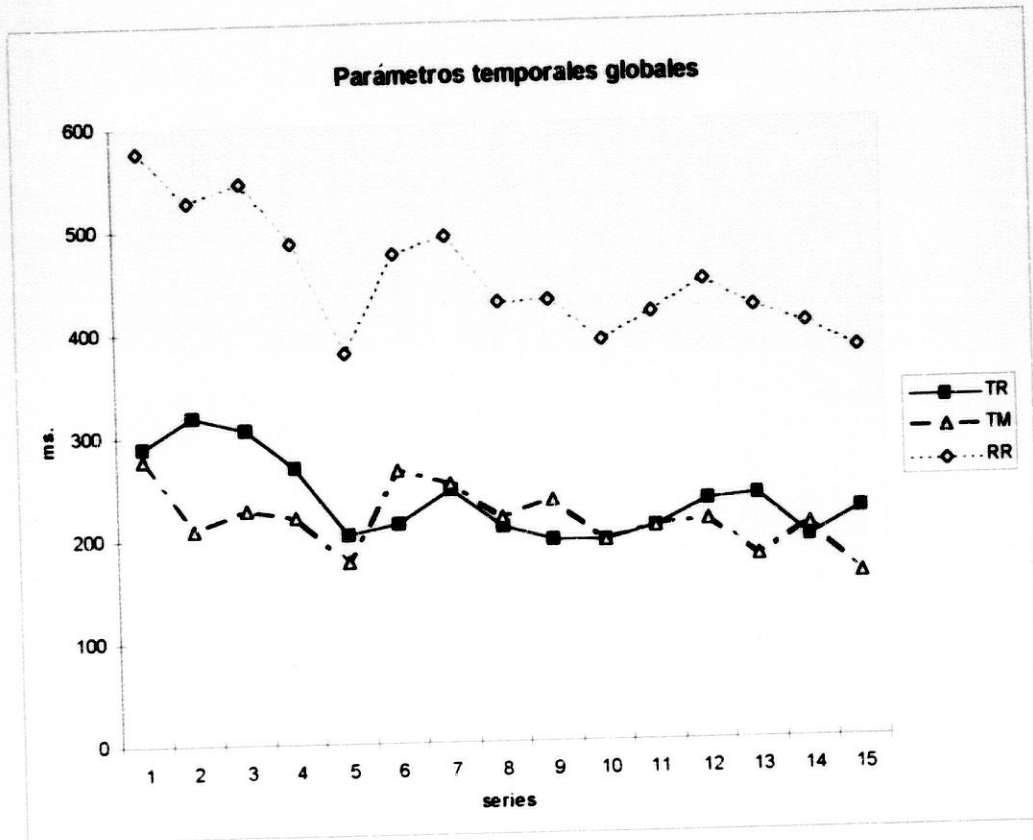


Figura 5.30: Sujeto 3. Parámetros temporales de la Respuesta de Reacción de forma global. Diferenciando Tiempo de Reacción, Tiempo de Movimientos y Respuesta de Reacción.

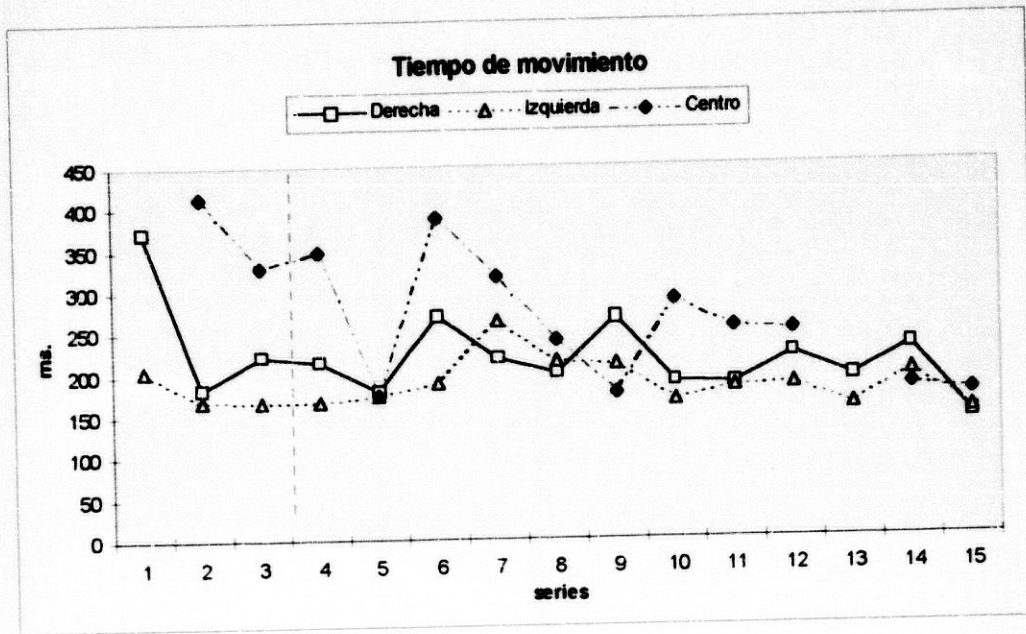


Figura 5.31: Sujeto 3. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Estan diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha, a la izquierda y al centro

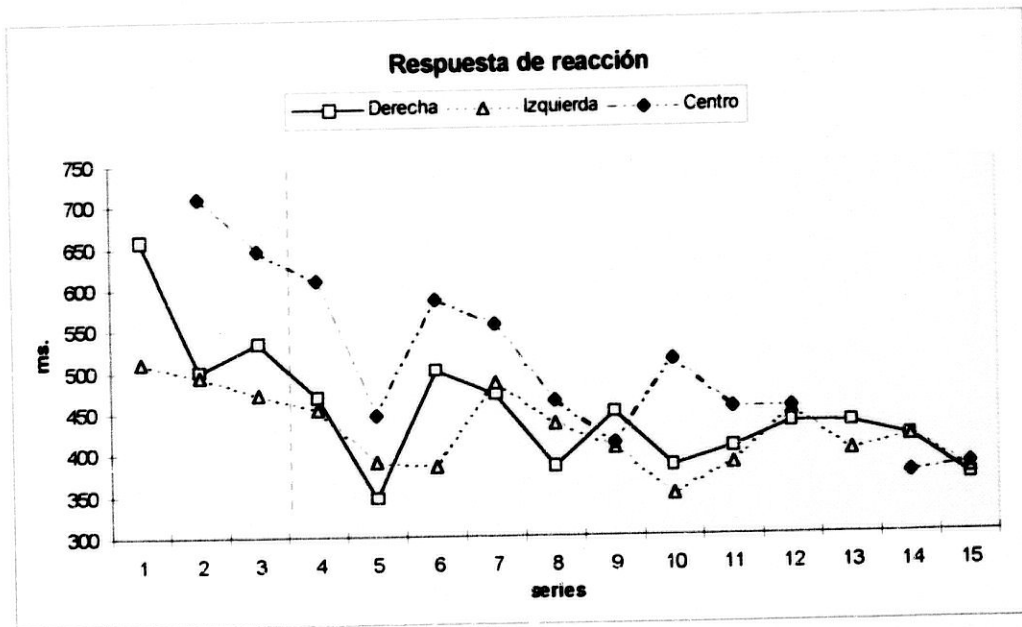


Figura 5.32: Sujeto 3. Resultados de Respuesta de Reacción diferenciando las respuestas ante lanzamientos hacia la derecha, izquierda y centro.

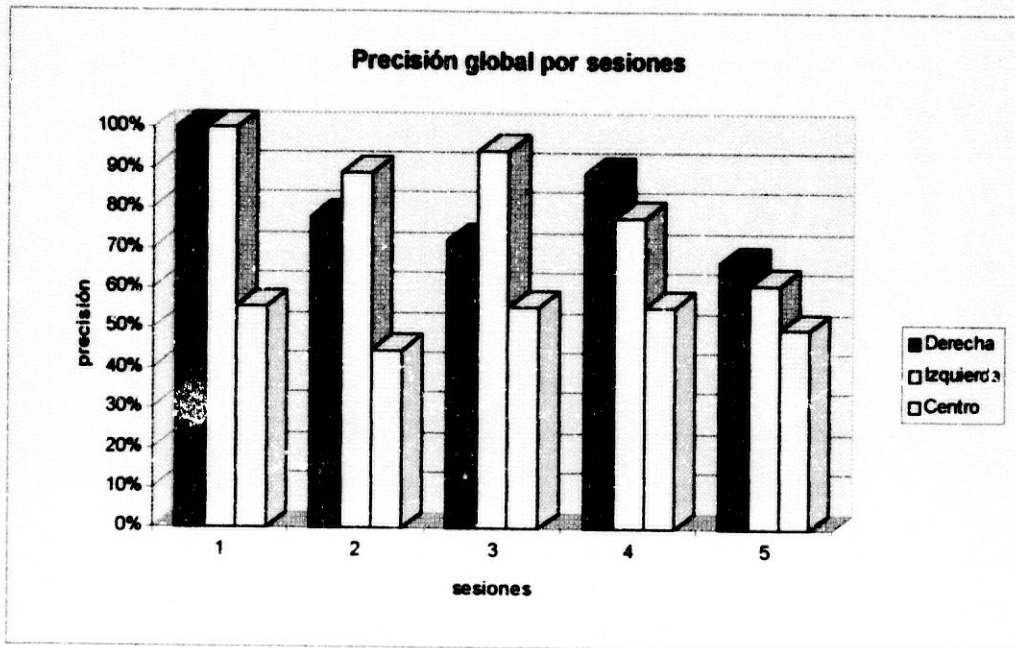


Figura 5.33: Sujeto 3. Precisión ante los diferentes lanzamientos agrupados por sesiones.

Tabla 5.21: Sujeto 3. Precisión global por sesiones.

Sesiones	Derecha	Izquierda	Centro
1	100%	100%	56%
2	78%	89%	44%
3	72%	94%	56%
4	89%	78%	56%
5	67%	61%	50%

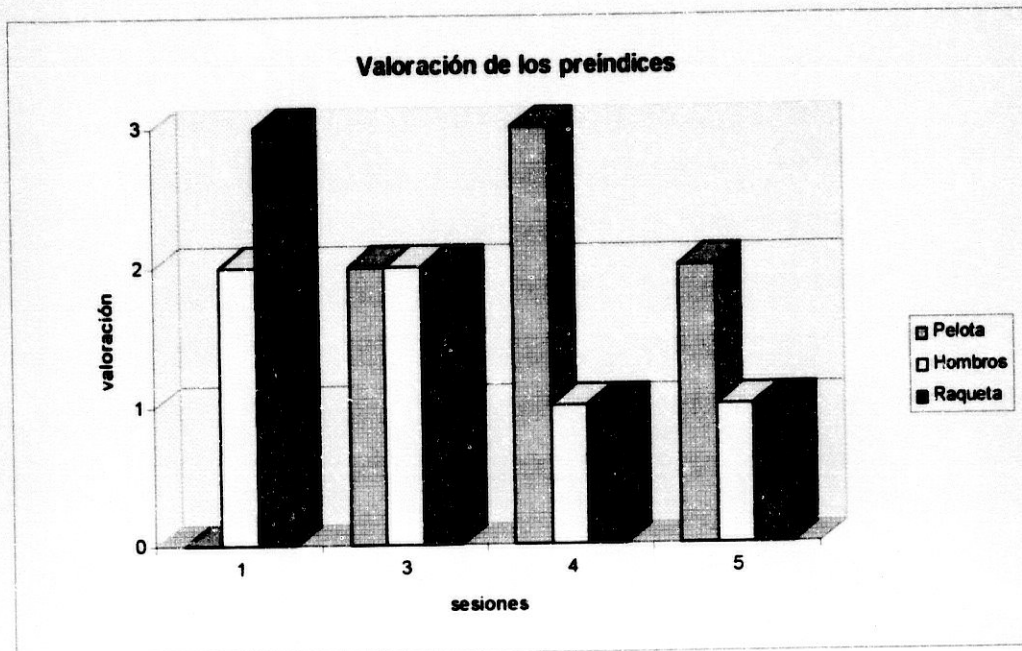


Figura 5.34: Sujeto 3. Valoración subjetiva de los preíndices aportados al sujeto.

Tabla 5.22: Sujeto 3. Valores de atención a los preíndices expresados por el sujeto.

Sesión	Posición de la pelota	Rotación de los hombros	Trayectoria de la raqueta
2	0	2	3
3	2	2	2
4	3	1	1
5	2	1	1

Estadística inferencial:

El análisis de los datos mediante la estadística inferencial ofrece una información complementaria a las conclusiones de la inspección visual sobre las curvas de rendimiento anteriormente mostradas.

Se realizó una prueba ANOVA global de medidas repetidas de la influencia global del tratamiento sobre el TR como se aprecia en la Tabla 5.23.

Tabla 5.23: ANOVA global de medidas repetidas del tratamiento sobre TR

<i>FUENTE</i>	<i>D.F.</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Mean Squares</i>	<i>F Ratio</i>	<i>F Prob.</i>
Error	188	545475,4824	2901,4653		
Tratamiento	4	268284,5487	67071,1372	23,1163	,0000
Total	192	813760,0311			

Se obtiene un alto nivel de significación que debe ser comentado a través del test Newman-Keuls (Tabla 5.24) en el que se observa como las diferencias son significativas entre la línea base y el tratamiento en su globalidad y no entre las sesiones de tratamiento. Por tanto se obtuvo una mejora a partir de la aportación de información inicial con el comienzo del tratamiento que se mantuvo a lo largo de las sesiones.

La influencia del tratamiento sobre RR muestra una diferencia significativa con respecto a la LB con valores de $F=3,90$ y $p<0,01$. De nuevo la variación de RR se ve arrastrada por el TR. En cuanto al TM tal y como hemos ido expresando anteriormente no se aprecia significación por no estimarse variación por el tratamiento.

Tabla 5.24: Prueba de Newman-Keuls para el TR sobre sesiones.

Mean	SESIONES	S S S S S	e e e e e	s s s s s	i i i i i	o o o o o	n n n n n	4 5 3 2 1
210,6750	Sesion 4							
216,1613	Sesion 5							
217,6500	Sesion 3							
229,7632	Sesion 2							
306,1818	Sesion 1	*	*	*	*	*	*	

(*) Indica significación $p < 0.05$

5.4 SUJETO 4

Tabla 5.25: Sujeto 4. Descriptivos de las medidas de Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento, diferenciando las acciones ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y al centro.

S	e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica
1	1	288,50	118,86	280,00	54,60	263,33	23,28	280,06	79,24
	2	237,66	39,75	277,16	52,26	313,50	67,04	271,43	57,24
	3	288,50	37,83	286,00	26,84	363,20	53,10	309,58	51,48
2	4	278,00	45,64	254,40	25,31	272,50	55,86	267,25	37,50
	5	253,16	63,47	231,83	46,53	276,00	29,00	249,20	51,20
	6	165,83	40,00	278,50	56,40	180,00	60,81	205,75	69,61
3	7	95,00	83,43	272,33	80,41	178,66	18,58	160,25	101,21
	8	104,40	61,47	212,80	84,62	159,00	42,53	158,69	79,97
	9	124,00	61,22	232,50	62,77	166,50	9,19	185,33	73,94
4	10	109,16	92,95	207,20	109,82	225,75	28,87	186,78	85,52
	11	20,80	71,22	18,50	74,24	118,50	27,47	81,66	48,09
	12	96,60	66,74	211,00	-	179,50	6,36	131,62	70,58
5	13	58,40	92,13	145,66	61,15	165,33	29,28	126,90	69,03
	14	6,33	44,00	153,00	77,96	179,66	52,51	128,40	78,51
	15	30,20	41,84	121,66	33,65	153,66	31,72	100,60	56,81
		Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica
1	1	236,83	81,54	237,33	124,29	942,66	179,33	378,20	312,78
	2	232,00	23,06	188,00	38,91	216,33	3,05	211,26	33,96
	3	298,83	145,24	154,16	69,59	211,40	39,35	222,05	111,65
2	4	306,60	210,67	205,60	67,86	414,50	361,33	282,50	189,21
	5	197,16	70,16	194,33	80,94	235,66	111,50	203,73	78,41
	6	229,16	74,98	234,50	87,70	233,00	144,24	231,58	80,94
3	7	316,83	180,33	248,66	135,85	362,33	245,11	311,16	175,66
	8	234,60	70,18	163,60	20,32	162,00	38,30	190,53	57,78
	9	212,50	13,02	322,66	138,75	202,50	24,74	265,91	111,25
4	10	228,16	50,56	223,00	73,10	323,75	197,07	251,93	113,03
	11	219,60	8,96	221,00	36,76	235,00	97,71	225,45	55,57
	12	243,40	58,47	216,00	-	215,00	1,41	232,87	46,53
5	13	260,80	118,84	252,00	142,36	291,33	201,53	266,72	134,50
	14	288,00	134,89	187,50	26,55	157,00	13,22	221,75	102,01
	15	238,20	70,03	304,00	56,71	311,66	166,73	276,18	97,45

Tabla 5.26: Sujeto 4. Descriptivos de las medidas de Respuesta de Reacción.

S e r i e n c i a	S e r i e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica
1	1	525,33	65,92	517,33	123,41	1206,00	159,18	658,26	301,63
	2	469,66	47,86	465,16	76,89	550,33	65,54	484,00	68,75
	3	587,33	172,16	440,16	78,61	574,60	70,30	531,64	131,55
2	4	584,60	244,94	460,00	48,27	687,00	305,47	549,75	196,94
	5	450,33	59,09	426,16	82,87	511,66	139,25	452,93	86,71
	6	395,00	110,89	513,00	82,57	413,00	205,06	437,33	120,16
3	7	411,83	246,45	521,00	55,56	541,00	263,63	471,41	211,50
	8	339,00	126,70	376,40	88,64	321,00	21,63	349,23	92,73
	9	336,50	72,41	555,16	164,91	369,00	15,55	451,25	160,38
4	10	337,33	126,03	430,20	160,61	549,50	185,77	424,86	167,84
	11	240,40	65,28	239,50	37,47	353,50	123,00	281,36	98,26
	12	340,00	117,31	427,00	-	394,50	4,94	364,50	95,45
5	13	319,20	160,84	397,66	126,16	456,66	177,18	378,09	153,33
	14	288,40	145,40	340,50	91,22	336,66	56,86	317,83	105,93
	15	268,40	91,57	425,66	63,51	465,33	138,85	365,00	129,64

Tabla 5.27: Sujeto 4. Porcentaje de acierto en la elección correcta del gesto. Diferenciando cuando el lanzador realiza el gesto a la izquierda, derecha o centro.

S	e	S	Precisión			Total
			Ante lanzamientos a la derecha	Ante lanzamientos a la izquierda	Ante lanzamientos al centro	
1	1	100%	100%	50%	83%	
	2	100%	100%	67%	89%	
	3	100%	100%	83%	94%	
2	4	83%	100%	33%	72%	
	5	100%	100%	50%	83%	
	6	67%	100%	33%	67%	
3	7	50%	100%	50%	67%	
	8	83%	83%	50%	72%	
	9	100%	67%	33%	67%	
4	10	83%	100%	67%	83%	
	11	33%	83%	67%	61%	
	12	17%	83%	33%	44%	
5	13	50%	83%	50%	61%	
	14	67%	100%	50%	72%	
	15	67%	100%	50%	72%	

Comenzamos con la exposición de los descriptivos de las medidas a lo largo del experimento distribuidas por series (Tabla 5.25 y Tabla 5.26). Se pueden observar los valores de TR, TM y RR durante las tres primeras series de LB durante el tratamiento y posterior retirada de información. También se diferencian los valores registrados para las respuestas ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y hacia el centro del sujeto.

En la Tabla 5.27 se muestran los valores de precisión expresados en tanto por ciento de aciertos ante los diferentes lanzamientos agrupados por series.

Nos centraremos en aquellos resultados que son relevantes para el análisis del comportamiento del Sujeto 4.

Así, comenzamos diferenciando los datos de TR para las respuestas ante lanzamientos a derecha, izquierda y centro ya que podemos ver en la Figura 5.35, en la Figura 5.37 y en la Figura 5.39 cómo el TR se reduce durante el tratamiento aunque de forma menos acusada en las respuestas ante lanzamientos a la derecha. Esto se ve acompañado de diferentes valores de precisión en las diferentes situaciones estímulares. Cuando se presentaban saques a la izquierda del sujeto la precisión se mantenía con valores superiores al 80% excepto en la serie 9ª que se obtuvo un 67% (Figura 5.36). Estos niveles no se corresponden con la situación de lanzamientos a la derecha en la que el error en la elección es mayor con la contraprestación de alcanzar valores de TR medios cercanos a 0. La precisión aumenta en la últimas series manteniendo los valores bajos de TR (Figura 5.38). Los peores porcentajes se dan en la situación de saque hacia el centro donde se alcanza un porcentaje medio del 46% durante el tratamiento y sube ligeramente al 50% al retirar la VI (Figura 5.40).

En la Figura 5.41 se muestra la evolución de los parámetros temporales de la respuesta de reacción de forma global durante el experimento, permitiendo comparar el TR con el TM y los valores resultantes de RR desde la LB hasta el final del tratamiento.

Aquí se puede ver el descenso de TR acompañado de los valores de precisión global expresados en la gráfica de la Figura 5.42.

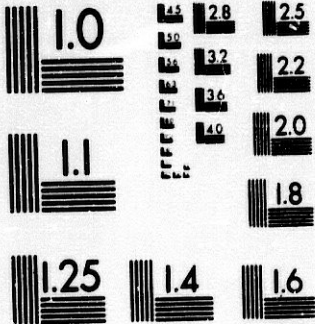
El TM no varía con la aplicación de la VI (Figura 5.43). Sólo destacan los valores altos de TM en la primera serie de las respuestas ante lanzamientos a la derecha. Por lo demás, durante el experimento el TM no ha sufrido mejora.

El descenso de los valores de RR expresados en la Figura 5.44 es producto de la influencia del TR ya que como hemos visto el TM no ha variado ni con el tratamiento ni con la retirada de la información inicial.

El Sujeto 4 consideró de manera importante la posición de la pelota en el golpeo durante todo el tratamiento (Figura 5.46) con lo que no parece que este aspecto haya podido influir sobre variaciones en los tiempos obtenidos.

Ya hemos comentado los porcentajes de acierto en la elección de la respuesta correcta que en la Figura 5.45 se plasman agrupados por sesiones diferenciando las distintas situaciones estímulares.

En resumen, se puede destacar un descenso muy acusado en TR sobre todo en las respuestas ante lanzamientos a la derecha donde se registraron ocasionalmente valores negativos de TR que han conllevado un decremento de la precisión. Aún así se observa una recuperación en la precisión en las últimas series manteniendo valores bajos de TR y cómo estos errores aparecen con mayor frecuencia ante los lanzamientos al centro. La RR desciende producto del descenso de TR.



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

Aquí se puede ver el descenso de TR acompañado de los valores de precisión global expresados en la gráfica de la Figura 5.42.

El TM no varía con la aplicación de la VI (Figura 5.43). Sólo desacatan los valores altos de TM en la primera serie de las respuestas ante lanzamientos a la derecha. Por lo demás, durante el experimento el TM no ha sufrido mejora.

El descenso de los valores de RR expresados en la Figura 5.44 es producto de la influencia del TR ya que como hemos visto el TM no ha variado ni con el tratamiento ni con la retirada de la información inicial.

El Sujeto 4 consideró de manera importante la posición de la pelota en el golpeo durante todo el tratamiento (Figura 5.46) con lo que no parece que este aspecto haya podido influir sobre variaciones en los tiempos obtenidos.

Ya hemos comentado los porcentajes de acierto en la elección de la respuesta correcta que en la Figura 5.45 se plasman agrupados por sesiones diferenciando las distintas situaciones estímulares.

En resumen, se puede destacar un descenso muy acusado en TR sobre todo en las respuestas ante lanzamientos a la derecha donde se registraron ocasionalmente valores negativos de TR que han conllevado un decremento de la precisión. Aún así se observa una recuperación en la precisión en las últimas series manteniendo valores bajos de TR y cómo estos errores aparecen con mayor frecuencia ante los lanzamientos al centro. La RR desciende producto del descenso de TR.

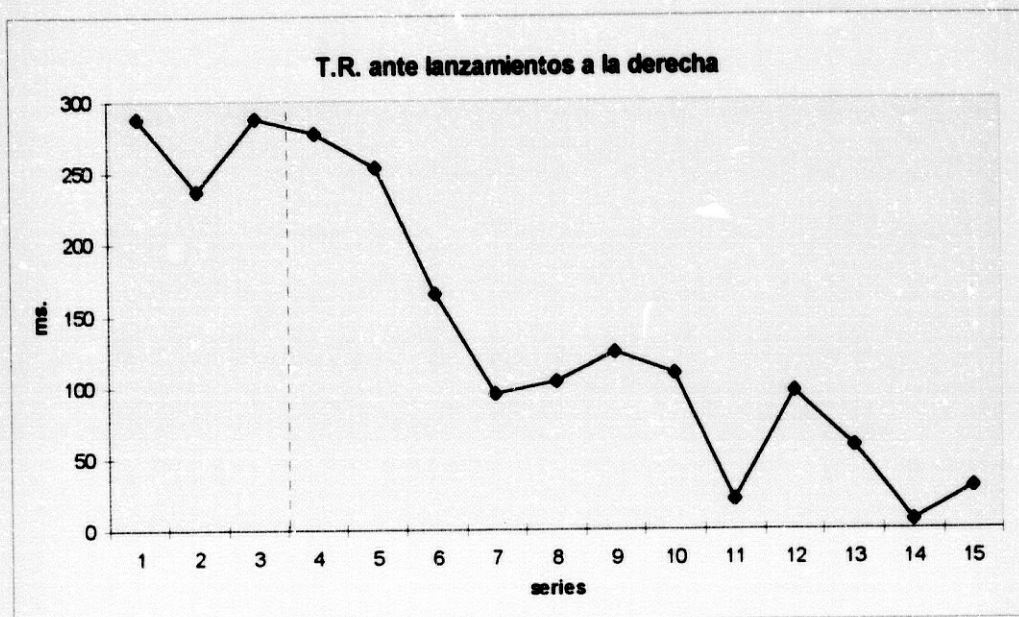


Figura 5.35: Sujeto 4. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su derecha.

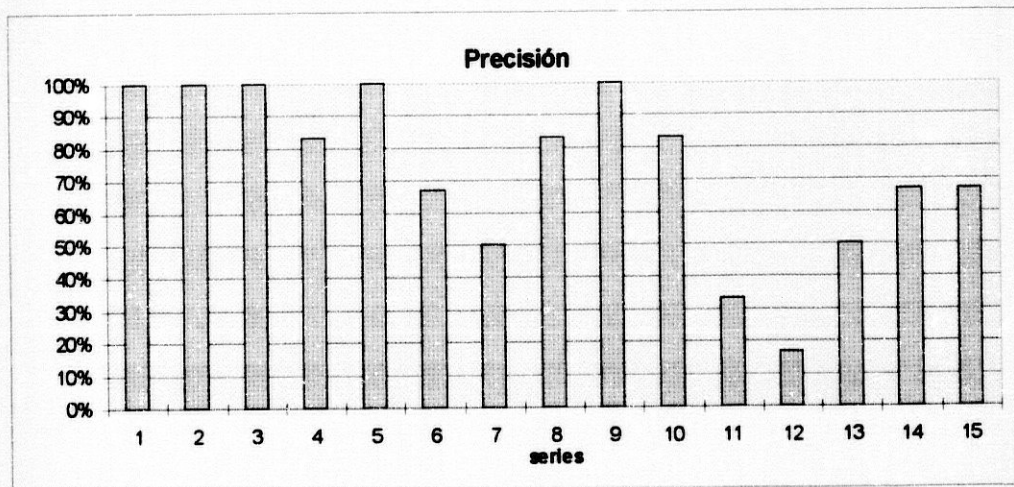


Figura 5.36: Sujeto 4. Precisión en las respuestas ante lanzamientos a la derecha.

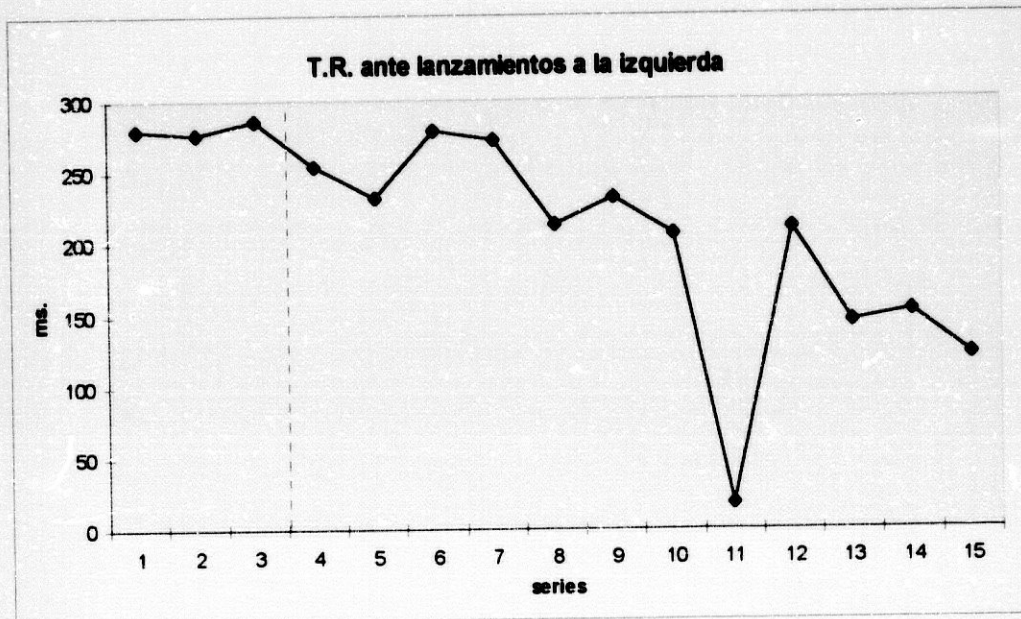


Figura 5.37: Sujeto 4. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su izquierda.

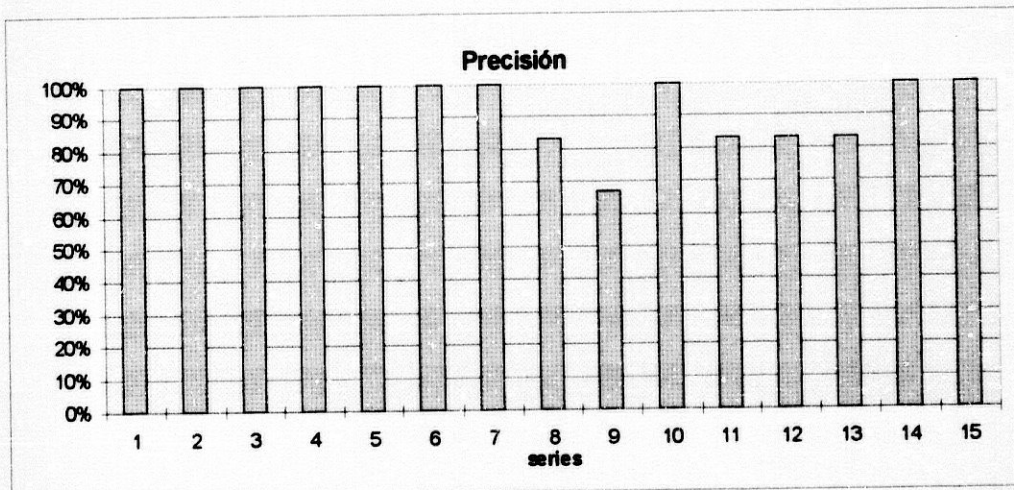


Figura 5.38: Sujeto 4. Precisión en las respuestas ante lanzamientos a la izquierda

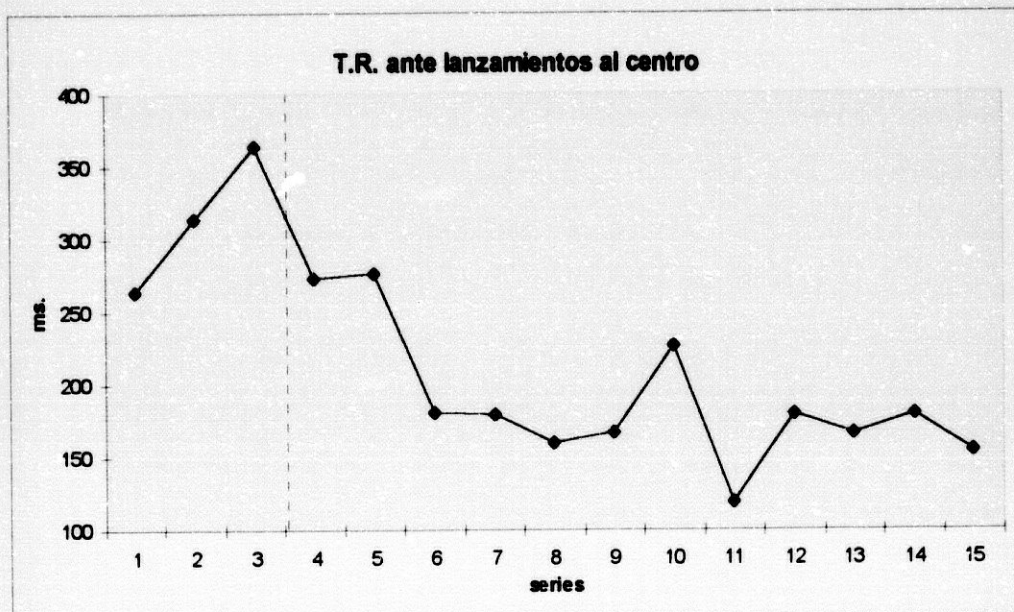


Figura 5.39: Sujeto 4. Resultados de Tiempo de Reacción ante lanzamientos realizados hacia el centro de la zona de saque.

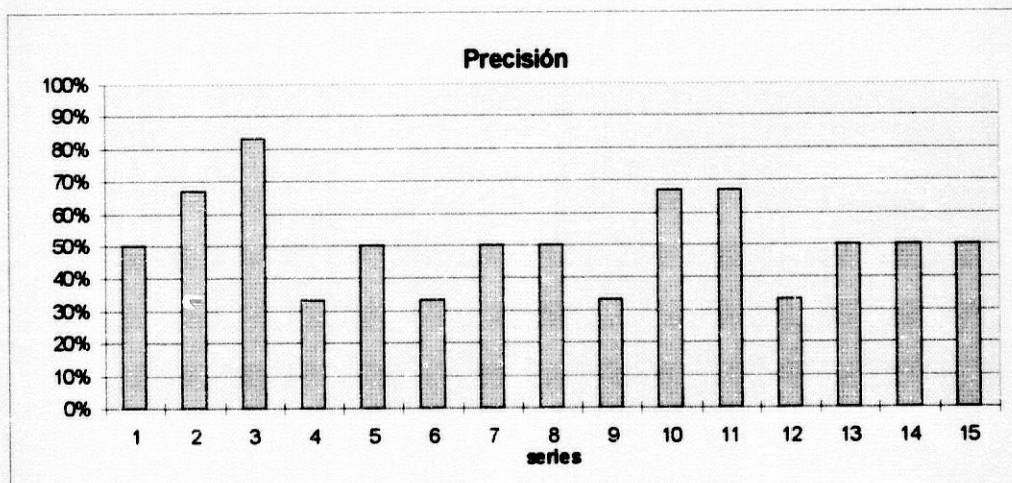


Figura 5.40: Sujeto 4. Precisión ante los lanzamientos hacia el centro

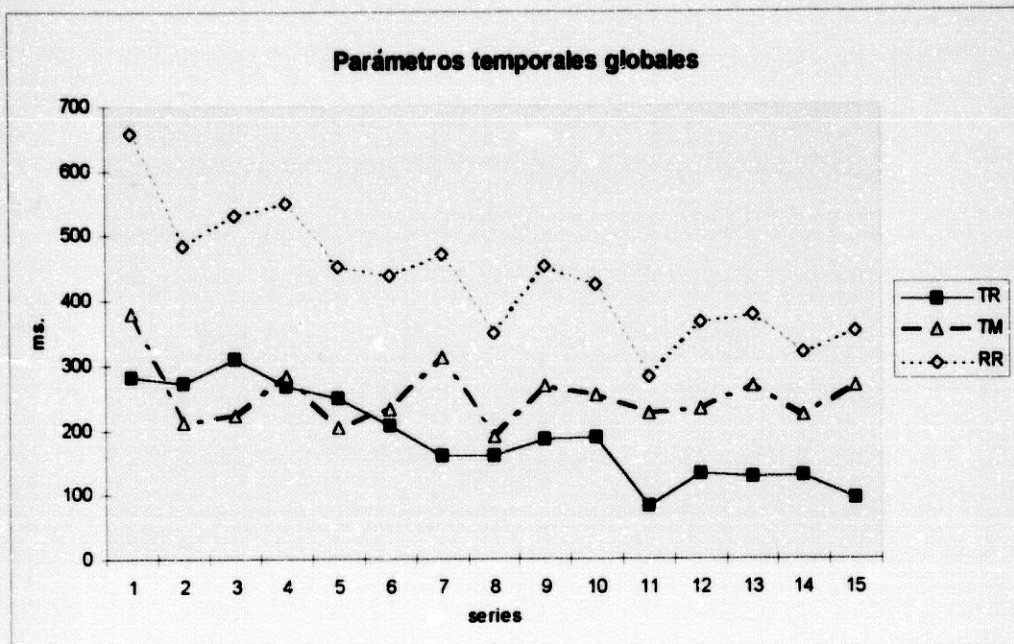


Figura 5.41: Sujeto 4. Parámetros temporales de la Respuesta de Reacción de forma global. Diferenciando Tiempo de Reacción, Tiempo de Movimientos y Respuesta de Reacción.

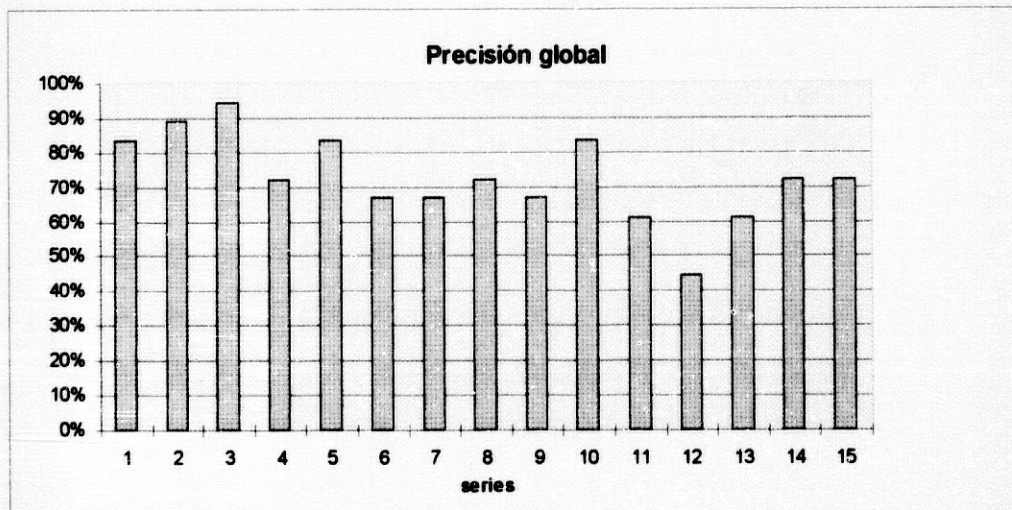


Figura 5.42: Sujeto 4. Precisión global por series

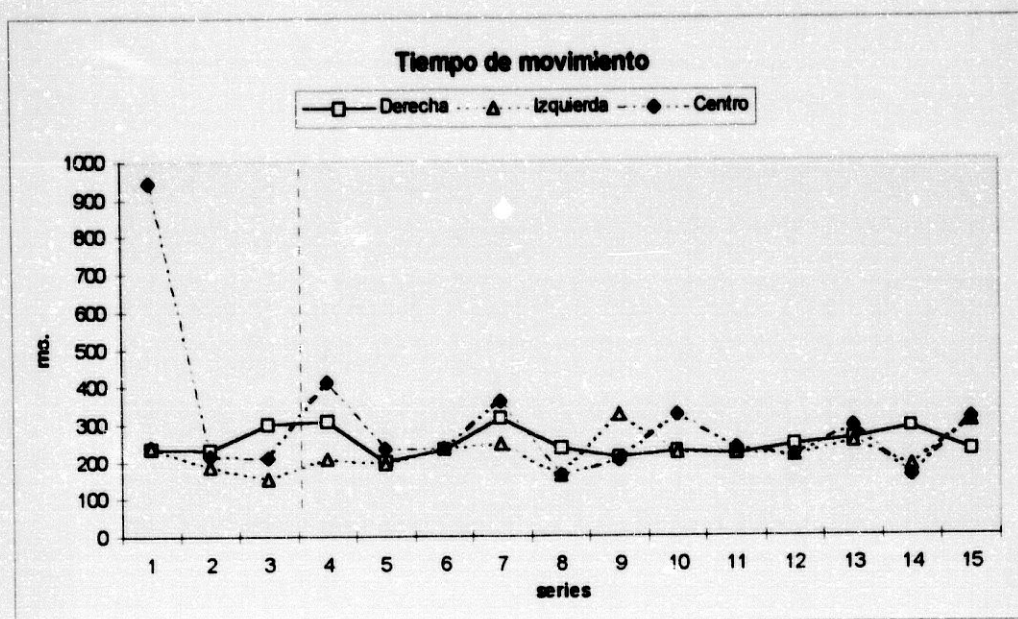


Figura 5.43: Sujeto 4. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Estan diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha, a la izquierda y al centro

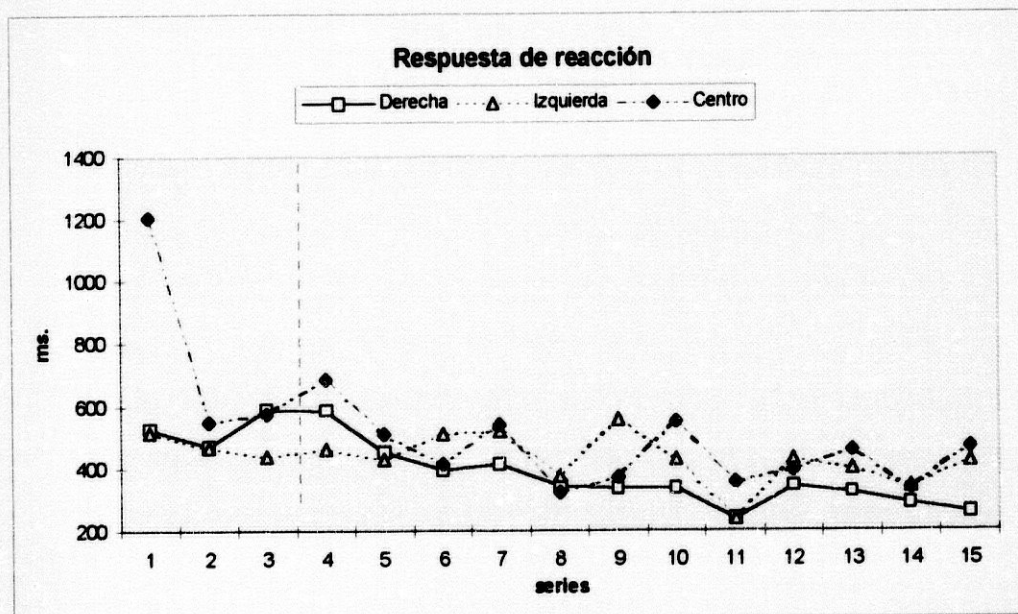


Figura 5.44: Sujeto 4. Resultados de Respuesta de Reacción diferenciando las respuestas ante lanzamientos hacia la derecha, izquierda y centro.

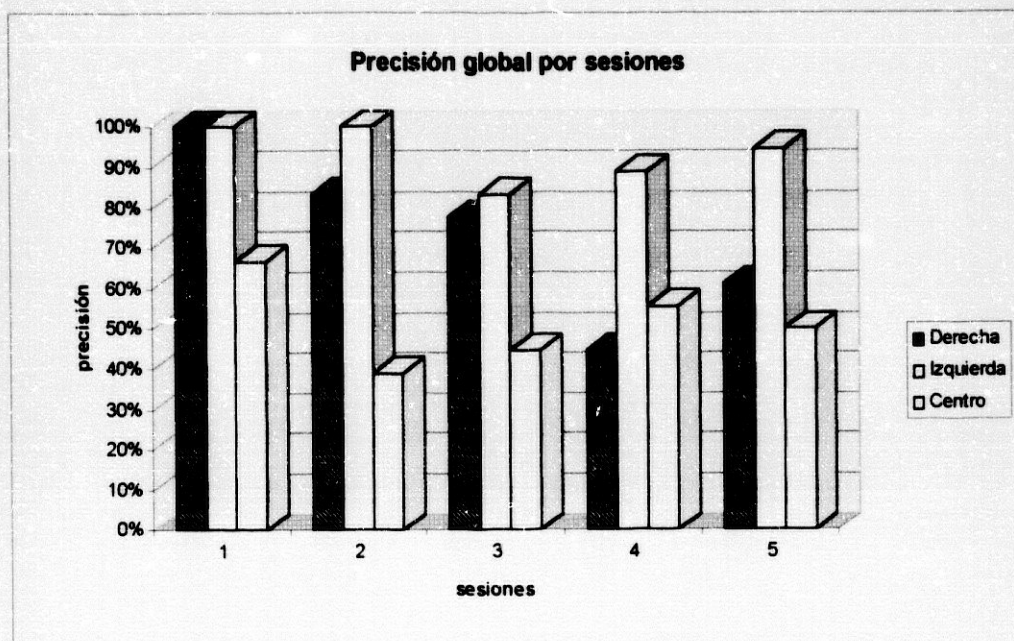


Figura 5.45: Sujeto 4. Precisión ante los diferentes lanzamientos agrupados por sesiones.

Tabla 5.28: Sujeto 3. Precisión global por sesiones.

Sesiones	Derecha	Izquierda	Centro
1	100%	100%	67%
2	83%	100%	39%
3	78%	83%	44%
4	44%	89%	56%
5	61%	94%	50%

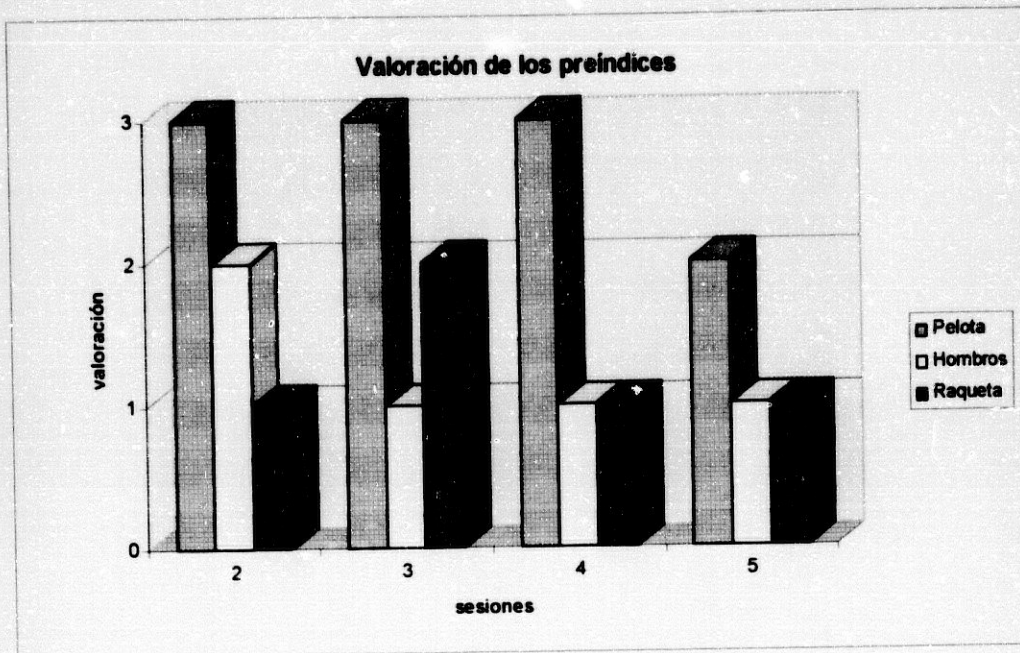


Figura 5.46: Sujeto 4. Valoración subjetiva de los preíndices aportados al sujeto.

Tabla 5.29: Sujeto 4. Valores de atención a los preíndices expresados por el sujeto.

Sesión	Posición de la pelota	Rotación de los hombros	Trayectoria de la raqueta
2	3	2	1
3	3	1	2
4	3	1	1
5	2	1	1

Estadística inferencial:

Se realizó un análisis de la varianza global de medidas repetidas para observar la influencia del tratamiento sobre el TR global del que resultaron diferencias significativas con valores de $F=11,74$ para una $p<0.001$.

La prueba a posteriori del test de Newman-Keuls (Tabla 5.30) destaca niveles significativos de diferencia entre la sesión de LB y el tratamiento tal y como se había destacado en el análisis de la inspección visual sobre las gráficas de TR.

La influencia del tratamiento sobre RR en el tratamiento se estudió mediante análisis de varianzas para medidas repetidas obteniendo diferencias significativas del tratamiento con respecto a la LB con valores de $F=6,95$ y $p<0.001$. En cuanto al TM no se aprecia significación por no estimarse variación por el tratamiento.

Tabla 5.30: Prueba de Newman-Keuls para el TR sobre sesiones.

		S	S	S	S	S
		e	e	e	e	e
		s	s	s	s	s
		i	i	i	i	i
		o	o	o	o	o
		n	n	n	n	n
		5	4	3	2	1
Mean	SESIONES					
115,6452	Sesion 5					
142,0323	Sesion 4					
167,8378	Sesion 3	*				
241,3846	Sesion 2	*	*	*		
287,6458	Sesion 1	*	*	*	*	*
(*) Indica significación $p<0.05$						

5.5 SUJETO 5

Tabla 5.31: Sujeto 5. Descriptivos de las medidas de Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento, diferenciando las acciones ante lanzamientos a la derecha ,a la izquierda y al centro.

S e r i o n	S e r i e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica
1	1	301,00	34,84	324,75	13,14	328,00	51,79	315,66	33,85
	2	299,00	42,05	335,00	36,72	349,25	28,76	326,80	40,16
	3	347,66	58,71	373,16	50,75	378,75	53,28	365,00	52,65
2	4	141,00	108,86	203,16	103,84	-	-	182,44	103,29
	5	86,83	81,17	209,33	33,08	-	-	151,12	60,38
	6	158,00	74,22	311,80	50,02	211,00	-	249,33	91,53
3	7	243,50	67,45	298,33	32,47	312,00	33,28	274,33	59,36
	8	202,33	78,72	252,00	66,10	286,00	30,75	241,20	70,19
	9	200,83	94,60	316,00	46,47	299,50	33,23	264,28	87,41
4	10	222,20	83,37	351,83	159,62	306,00	34,55	296,40	121,04
	11	260,40	68,66	285,33	50,36	263,33	50,50	271,71	54,49
	12	256,16	71,12	289,20	31,45	281,40	22,21	274,37	47,99
5	13	280,00	20,75	301,80	12,98	261,20	101,65	280,93	56,74
	14	251,20	35,70	315,00	34,96	270,50	32,19	279,50	42,72
	15	176,00	-	312,50	47,59	301,40	48,80	296,50	58,02
		Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica
1	1	262,40	152,58	129,25	17,17	272,33	172,07	220,50	135,97
	2	172,60	34,78	141,00	30,62	186,00	4,08	163,53	32,79
	3	202,16	60,71	131,16	10,68	174,00	20,18	168,50	48,65
2	4	192,33	27,61	158,33	19,70	-	-	169,66	26,87
	5	175,00	8,74	190,00	60,22	-	-	180,00	31,79
	6	198,00	21,07	179,60	21,04	182,00	-	186,00	20,34
3	7	200,66	53,61	154,00	10,14	216,33	56,43	192,91	49,99
	8	213,16	81,28	251,80	80,89	221,33	80,75	228,71	76,72
	9	185,16	14,34	175,00	47,98	167,00	4,24	178,21	31,82
4	10	182,00	18,35	223,33	99,36	245,75	134,72	215,53	90,55
	11	197,80	13,17	171,33	42,62	183,50	6,36	183,38	31,26
	12	182,83	31,60	179,75	23,96	229,00	89,52	195,14	53,49
5	13	202,50	48,40	157,60	17,81	215,40	169,21	205,33	83,36
	14	194,60	42,48	130,00	5,14	230,75	156,69	181,85	89,78
	15	148,00	-	162,50	50,85	165,80	12,47	162,66	35,44

Tabla 5.32: Sujeto 5. Descriptivos de las medidas de Respuesta de Reacción.

S e s i o n	S e r i e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica
1	1	563,40	154,50	454,00	28,71	600,33	223,79	536,16	148,07
	2	471,60	48,79	476,00	52,29	535,25	26,75	490,33	50,99
	3	549,83	98,14	504,33	49,05	552,75	54,73	533,50	71,82
2	4	333,33	92,74	361,50	100,98	-	-	352,11	93,39
	5	261,83	80,35	399,33	74,11	-	-	307,66	100,67
	6	356,00	83,54	491,40	49,94	393,00	-	435,33	86,83
3	7	444,16	98,86	452,33	40,27	528,33	48,26	467,25	80,81
	8	415,50	125,12	503,80	90,32	516,66	99,05	468,71	111,14
	9	386,00	101,15	491,00	57,96	466,50	37,47	442,50	89,34
4	10	404,20	100,55	575,16	227,80	551,75	130,27	511,93	177,11
	11	458,20	76,28	456,66	52,41	421,50	28,99	451,84	57,76
	12	439,00	80,96	467,25	17,09	513,00	78,40	468,21	70,84
5	13	482,50	51,89	459,40	23,77	527,75	55,47	486,86	50,37
	14	445,80	75,16	445,00	34,59	501,25	174,12	461,35	98,94
	15	324,00	-	475,00	69,25	467,20	58,31	459,16	72,41

Tabla 5.33: Sujeto 5. Porcentaje de acierto en la elección correcta del gesto. Diferenciando cuando el lanzador realiza el gesto a la izquierda, derecha o centro.

S	e	S	Precisión			
			Ante lanzamientos a la derecha	Ante lanzamientos a la izquierda	Ante lanzamientos al centro	Total
1	i	1	67%	100%	50%	72%
		2	100%	83%	67%	83%
		3	100%	100%	67%	89%
2	r	4	100%	50%	0%	50%
		5	50%	100%	0%	50%
		6	83%	50%	17%	50%
3	o	7	67%	100%	50%	72%
		8	83%	100%	67%	83%
		9	100%	100%	33%	78%
4	n	10	100%	83%	67%	83%
		11	100%	83%	50%	78%
		12	83%	100%	83%	89%
5	e	13	83%	100%	83%	89%
		14	83%	83%	67%	78%
		15	100%	33%	100%	78%

En las dos primeras tablas (Tabla 5.31 y Tabla 5.32) aparecen los descriptivos de las medidas de TR, TM y RR a lo largo del experimento distribuidos por series. Se pueden observar los valores durante las tres primeras series de LB durante el tratamiento y la posterior retirada de información. También se muestran diferenciados los valores registrados para las respuestas ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y hacia el centro del sujeto.

En la Tabla 5.33 se muestran los valores de precisión expresados en tanto por ciento de aciertos ante los diferentes lanzamientos agrupados por series.

Vamos a exponer los resultados que parecen más reveladores sobre el comportamiento del Sujeto 5.

Los valores de TR para las respuestas ante lanzamientos a derecha, izquierda y centro los podemos ver en la Figura 5.47 junto a los valores de precisión global (Figura 5.48). Así, vemos que se produce un descenso acusado de TR en las primeras series de tratamiento acompañado de una disminución de la precisión. Conforme avanza el tratamiento se va recuperando parte de la precisión, obteniendo valores superiores en las últimas series. De la misma forma, los tiempos aumentan aunque no llegan a tener los niveles de la LB. Al finalizar el tratamiento y retirar la información sobre los preíndices, se obtienen datos algo inferiores a LB.

En el caso de la respuesta ante lanzamientos al centro de la zona de saque, los resultados de TR se observan en la Figura 5.49 junto a los niveles de precisión en esta situación (Figura 5.50). Durante el tratamiento se observan niveles de precisión muy bajos, reduciendo el número de ensayos correctos aunque con el tiempo se va aumentando esta precisión manteniendo los valores de TR.

Los datos obtenidos sobre TM no parecen indicar ninguna sensibilidad al tratamiento (Figura 5.51), se observa cómo no se produce mejora ni empeoramiento y tampoco se advierten diferencias entre las diferentes situaciones estímulares.

Los valores de RR expresados en la Figura 5.52 reflejan el comportamiento del TR a lo largo del tratamiento ya que el TM no parece tener una tendencia clara. También se observa ese descenso inicial que se atenúa a medida que se continúa el tratamiento aunque ligeramente por debajo de los valores de LB.

De forma global, en la Figura 5.53 se muestra la evolución de los parámetros temporales de la respuesta de reacción durante el experimento, permitiendo comparar la evolución de TR con el TM y los valores resultantes de RR desde la LB hasta el final del tratamiento.

El Sujeto 5, desde el principio, determinó valorar el preíndice de la posición de la pelota en el momento de golpeo y así continuó durante todo el tratamiento como se refleja en la Figura 5.55 y en la Tabla 5.35. A partir de la cuarta serie del tratamiento comienza a valorar la rotación de los hombros coincidiendo con una recuperación de la precisión que en la Figura 5.54 aparece representada y distribuida por sesiones.

Resumiendo, se observa en la respuesta del sujeto al tratamiento un descenso acusado de TR y con éste de RR acompañado de un decremento en la precisión. A partir de la segunda sesión del tratamiento, coincidiendo con la valoración por parte del sujeto de la rotación de los hombros, se produce un aumento en TR y en la precisión obteniendo al retirar la información valores de TR ligeramente inferiores a los de la LB.

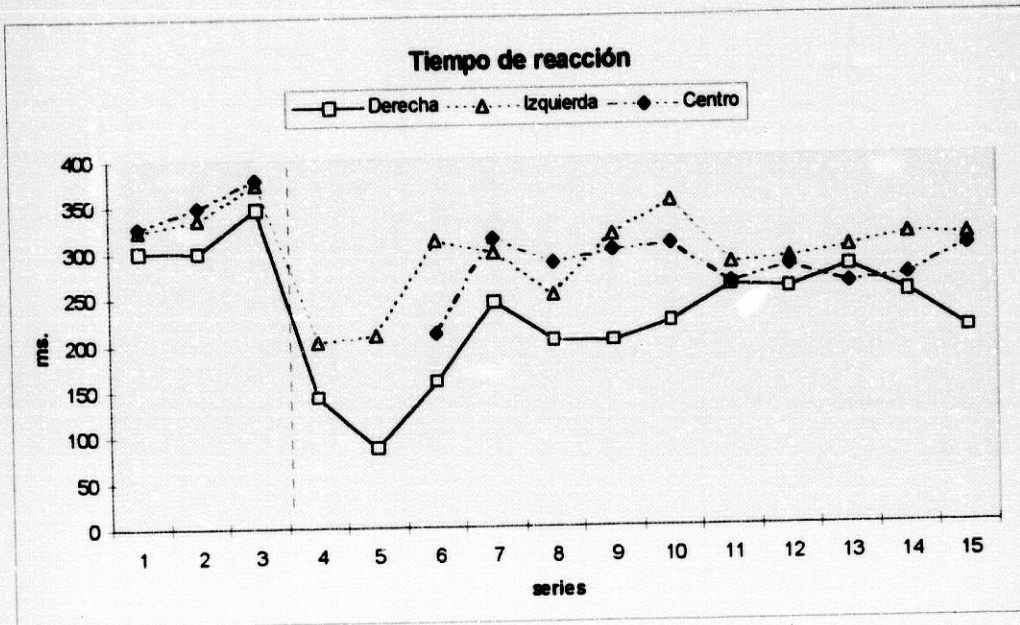


Figura 5.47: Sujeto 5. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su derecha, hacia su izquierda y al centro.

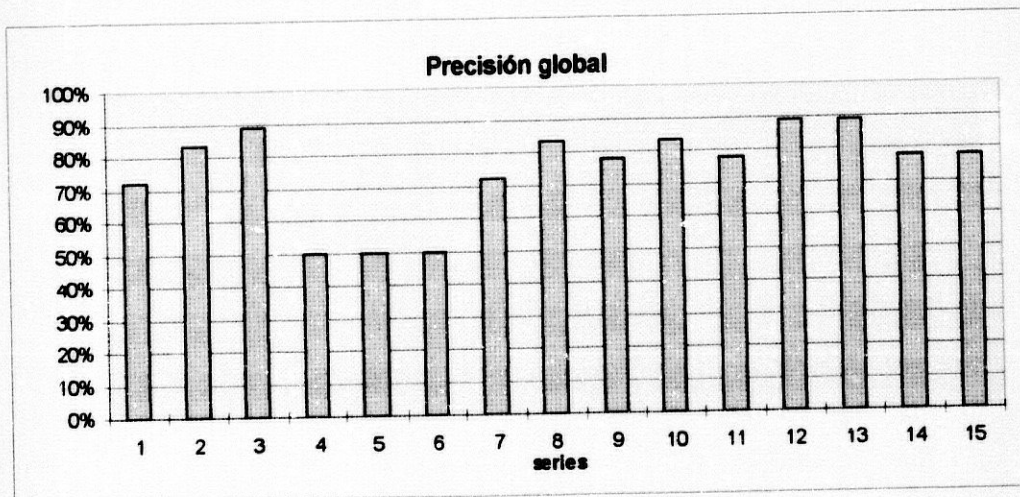


Figura 5.48: Sujeto 5. Precisión global por series.

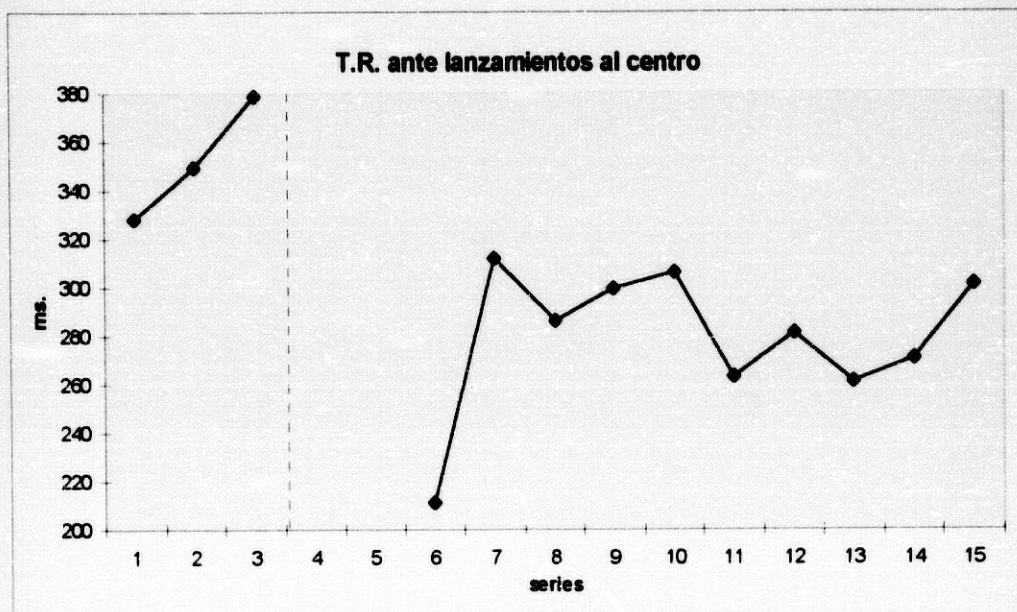


Figura 5.49: Sujeto 5. Resultados de Tiempo de Reacción ante lanzamientos realizados hacia el centro de la zona de saque.

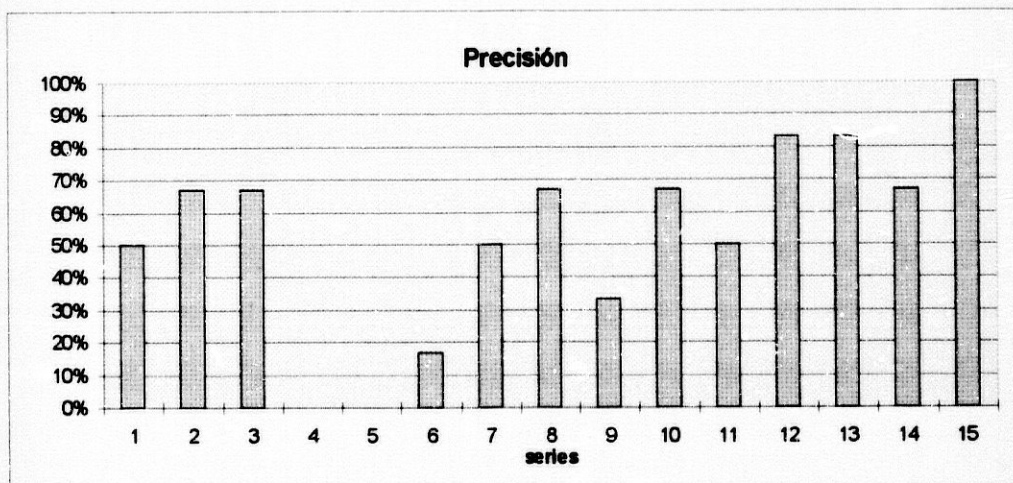


Figura 5.50: Sujeto 5. Precisión ante los lanzamientos hacia el centro

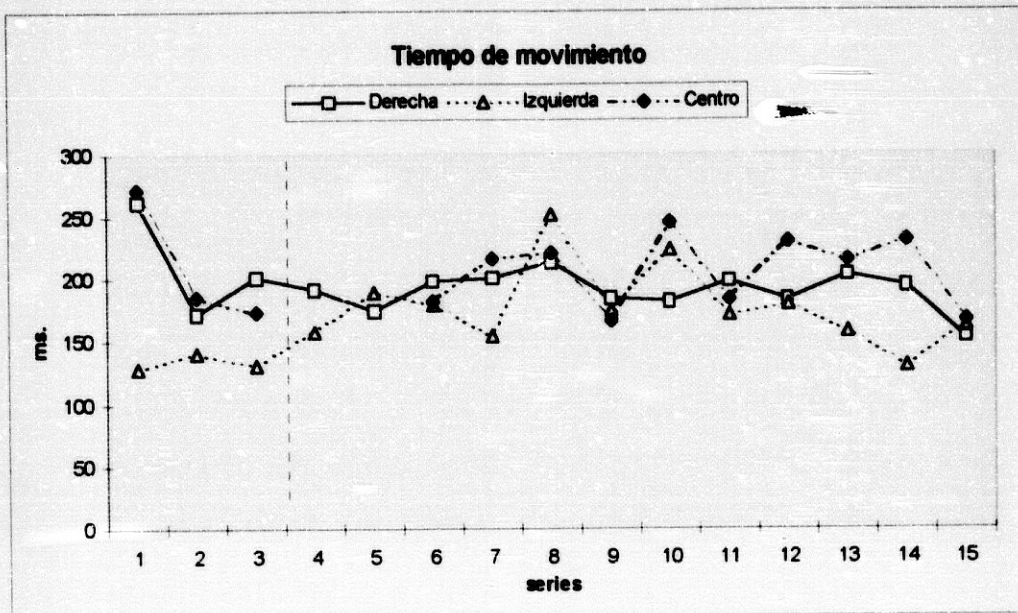


Figura 5.51: Sujeto 5. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Estan diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha, a la izquierda y al centro

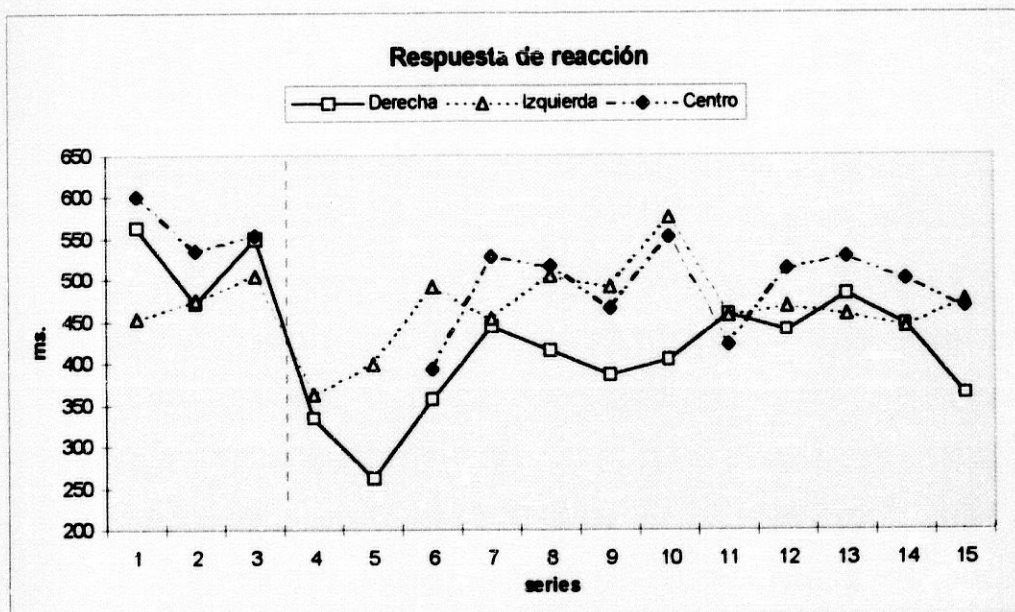


Figura 5.52: Sujeto 5. Resultados de Respuesta de Reacción diferenciando las respuestas ante lanzamientos hacia la derecha, izquierda y centro.

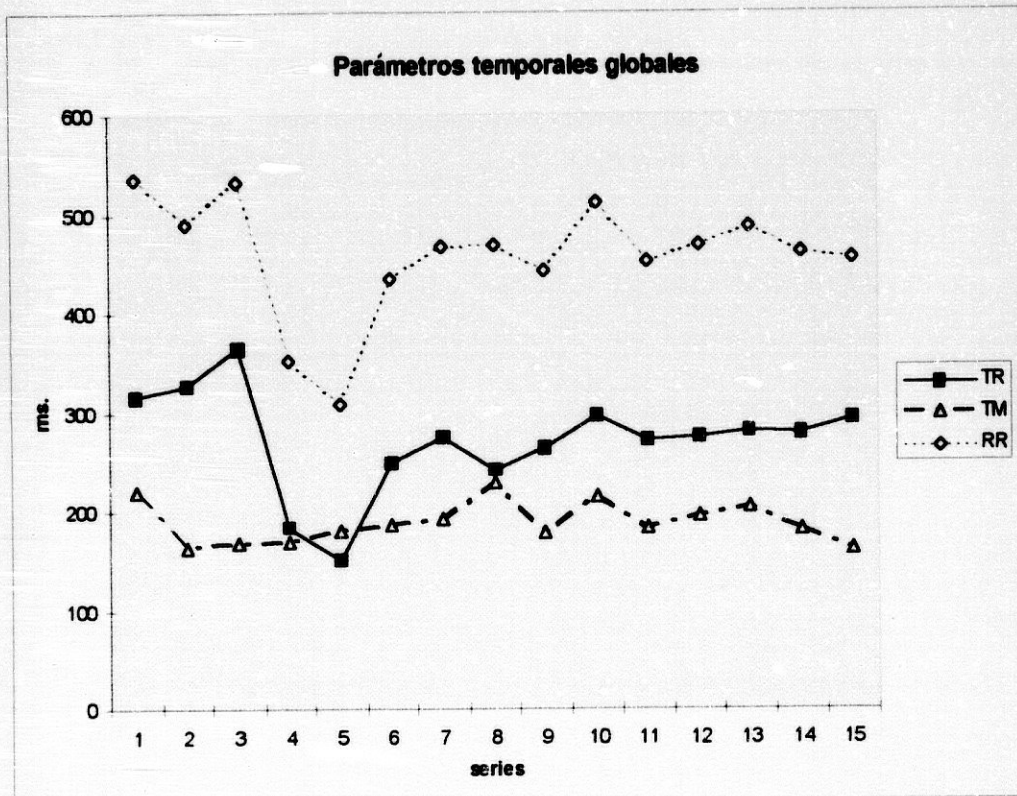


Figura 5.53: Sujeto 5. Parámetros temporales de la Respuesta de Reacción de forma global. Diferenciando Tiempo de Reacción, Tiempo de Movimientos y Respuesta de Reacción.

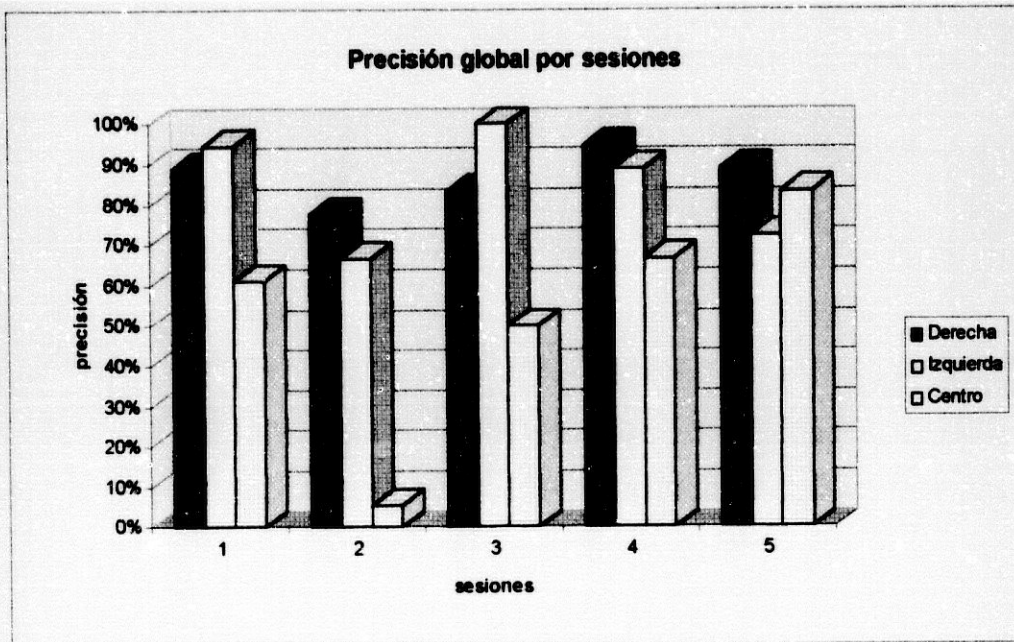


Figura 5.54: Sujeto 5. Precisión ante los diferentes lanzamientos agrupados por sesiones.

Tabla 5.34: Sujeto 5. Precisión global por sesiones.

Sesiones	Derecha	Izquierda	Centro
1	89%	94%	61%
2	78%	67%	6%
3	83%	100%	50%
4	94%	89%	67%
5	89%	72%	83%

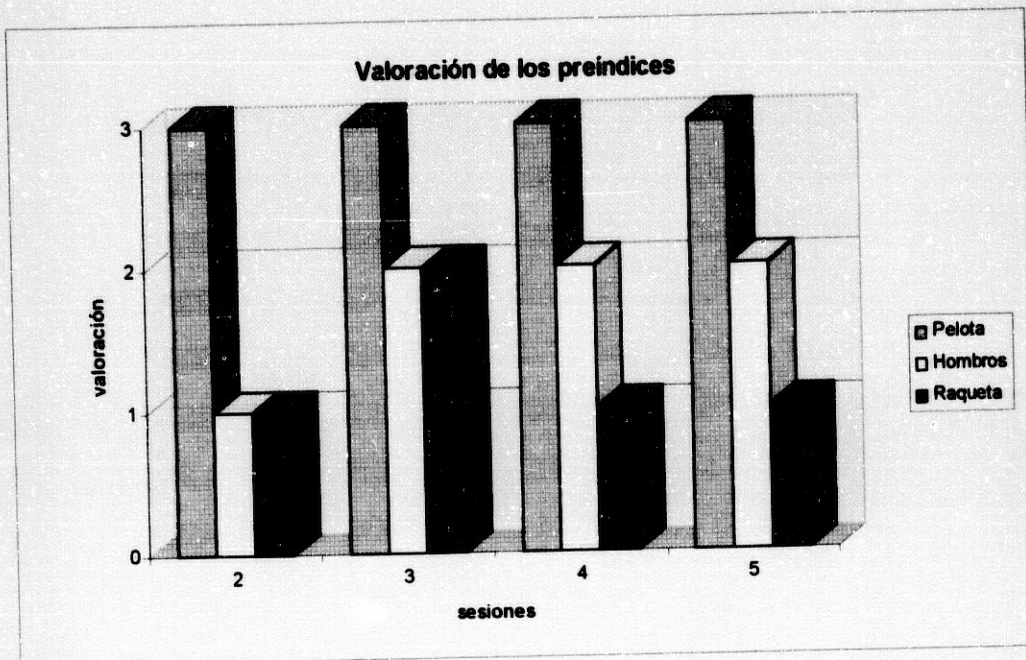


Figura 5.55: Sujeto 5. Valoración subjetiva de los preíndices aportados al sujeto.

Tabla 5.35: Sujeto 5. Valores de atención a los preíndices expresados por el sujeto.

Sesión	Posición de la pelota	Rotación de los hombros	Trayectoria de la raqueta
2	3	1	1
3	3	2	2
4	3	2	1
5	3	2	1

Estadística inferencial:

El análisis de la varianza global de medidas repetidas sobre la variable de TR ofrece unas diferencias ($F=9,22$ y $p<0.001$) que deben ser analizadas por separado entre las respuestas ante los lanzamientos a la derecha, izquierda y centro. Para ello realizamos el test Newman-Keuls sobre estas situaciones (Tabla 5.36, Tabla 5.37 y Tabla 5.38) concluyendo que las diferencias encontradas son más profundas sobre la segunda sesión en la que la precisión descendía notablemente, disminuyendo esas diferencias entre la LB y las últimas sesiones en todos los casos. Por tanto, aunque se observa visualmente un ligero descenso en el TR en la última sesión con respecto a la LB, debemos mantener reservas sobre la influencia del tratamiento.

El análisis de los lanzamientos al centro no se puede realizar correctamente con respecto a la segunda sesión debido al elevado número de errores que se dieron en esas series.

Tabla 5.36: Prueba de Newman-Keuls para el TR ante lanzamientos a la derecha.

		S	S	S	S	S
		e	e	e	e	e
		s	s	s	s	s
		i	i	i	i	i
		o	o	o	o	o
		n	n	n	n	n
		2	3	4	5	1
Mean	SESIONES					
118,1667	Grp 2					
215,5556	Grp 3	*				
246,8750	Grp 4	*				
258,3077	Grp 5	*				
317,8750	Grp 1	*	*	*	*	*

(*) Indica significación $p<0.05$

Tabla 5.37: Prueba de Newman-Keuls para el TR ante lanzamientos a la izquierda.

Mean	SESIONES	
243,2857	Grp 2	S S S S S
289,3571	Grp 3	e e e e e
309,9375	Grp 5	s s s s s
309,9412	Grp 4	i i i i i
346,7500	Grp 1	o o o o o
		n n n n n
		2 3 5 4 1

(*) Indica significación $p < 0.05$

Tabla 5.38: Prueba de Newman-Keuls para el TR ante lanzamientos al centro.

Mean	SESIONES	
211,0000	Grp 2	G G G G G
278,2143	Grp 5	r r r r r
285,0833	Grp 4	p p p p p
297,6667	Grp 3	
354,1818	Grp 1	
		2 5 4 3 1

(*) Indica significación $p < 0.05$

5.6 SUJETO 6

Tabla 5.39: Sujeto 6. Descriptivos de las medidas de Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento, diferenciando las acciones ante lanzamientos a la derecha ,a la izquierda y al centro.

S	e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media T.R	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica	Media T.R.	Desviación típica
1	1	331,66	35,54	372,60	25,18	349,20	13,14	349,93	30,68
	2	320,00	24,60	332,00	26,28	333,83	31,99	328,61	26,87
	3	319,33	38,39	357,50	236,19	316,00	41,93	331,82	136,81
2	4	273,00	37,00	239,83	53,29	293,00	16,64	261,41	46,40
	5	316,60	39,27	294,60	40,38	322,20	47,45	311,13	41,26
	6	276,00	28,54	301,00	48,22	278,83	32,54	285,27	36,97
3	7	235,00	-	240,00	44,44	313,50	19,09	255,77	48,51
	8	148,50	59,44	164,40	61,90	-	-	157,33	57,54
	9	153,33	45,74	145,25	137,05	-	-	177,83	70,76
4	10	76,80	27,50	13,00	32,60	-	-	63,00	34,26
	11	59,50	12,02	-18,66	102,06	-	-	48,75	26,92
	12	23,33	65,85	16,00	66,46	-	-	81,00	25,45
5	13	240,40	55,22	176,16	146,14	262,50	51,90	238,28	79,52
	14	243,33	19,87	229,83	54,74	268,00	31,40	245,82	39,47
	15	246,20	13,55	240,75	48,34	266,25	28,27	250,69	31,10
		Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica	Media T.M.	Desviación típica
1	1	142,00	32,64	135,20	39,14	373,20	140,06	212,12	136,32
	2	113,50	23,05	143,16	17,17	303,50	39,80	186,72	89,91
	3	135,50	43,94	137,50	14,46	227,80	57,66	163,35	57,78
2	4	111,66	22,81	197,16	67,98	366,00	33,60	218,00	108,14
	5	128,80	40,38	137,80	4,60	345,40	68,67	204,00	112,00
	6	182,16	87,20	147,50	26,69	314,80	99,25	208,94	101,23
3	7	150,00	-	207,50	47,86	392,00	-	223,37	81,75
	8	166,50	37,72	163,00	30,95	-	-	164,55	31,87
	9	108,50	,70	145,25	30,63	-	-	133,00	30,38
4	10	128,25	42,57	148,00	13,22	-	-	136,71	32,80
	11	133,00	50,91	194,33	14,84	-	-	169,80	43,43
	12	165,33	40,12	147,00	28,28	-	-	158,00	33,25
5	13	216,60	116,95	256,50	107,55	200,33	56,75	230,21	98,73
	14	197,00	91,46	170,00	29,89	197,40	57,58	187,58	62,46
	15	192,00	90,62	236,00	66,15	191,75	34,42	205,46	67,65

Tabla 5.40: Sujeto 6. Descriptivos de las medidas de Respuesta de Reacción.

S	e	Lanzamientos a la derecha		Lanzamientos a la izquierda		Lanzamientos al centro		Total	
		Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica	Media R.R.	Desviación típica
1	1	473,66	47,00	507,80	45,39	722,40	149,23	562,06	141,07
	2	433,50	34,77	475,16	37,26	637,33	48,50	515,33	98,19
	3	454,83	49,71	495,00	233,55	543,80	96,80	495,17	146,66
2	4	384,66	20,23	437,00	110,00	659,00	49,75	479,41	135,09
	5	445,40	49,19	432,40	41,97	667,60	50,09	515,13	119,98
	6	458,16	74,66	448,50	51,91	598,60	68,00	496,05	91,72
3	7	385,00	-	447,50	80,60	719,00	-	473,62	122,26
	8	315,00	55,14	327,40	87,47	-	-	321,88	70,77
	9	270,00	60,81	290,50	150,33	-	-	283,66	120,05
4	10	209,75	68,56	161,00	45,53	-	-	188,85	60,99
	11	192,50	62,93	175,66	114,72	-	-	182,40	87,50
	12	188,66	26,35	163,00	38,18	-	-	178,40	30,15
5	13	457,00	64,87	432,66	206,79	449,66	86,03	445,00	137,88
	14	440,33	76,78	399,83	58,54	465,40	66,15	433,41	69,05
	15	438,20	89,86	476,75	39,16	458,00	22,80	456,15	59,01

Tabla 5.41: Sujeto 6. Porcentaje de acierto en la elección correcta del gesto. Diferenciando cuando el lanzador realiza el gesto a la izquierda, derecha o centro.

S	e	S	Precisión			Total
			Ante lanzamientos a la derecha	Ante lanzamientos a la izquierda	Ante lanzamientos al centro	
1	i	1	83%	100%	83%	89%
		2	100%	100%	100%	100%
		3	100%	100%	83%	94%
2	r	4	100%	50%	50%	67%
		5	100%	83%	83%	89%
		6	100%	100%	100%	100%
3	o	7	100%	17%	33%	50%
		8	83%	67%	0%	50%
		9	67%	50%	0%	39%
4	n	10	50%	83%	0%	44%
		11	50%	33%	0%	28%
		12	33%	50%	0%	28%
5	e	13	100%	83%	67%	83%
		14	100%	100%	83%	94%
		15	83%	100%	67%	83%

Los resultados de este sujeto aparecen agrupados por series en la Tabla 5.39 y la Tabla 5.40 con los descriptivos de las medidas de TR, TM y RR a lo largo del experimento. Se pueden observar los valores durante las tres primeras series de LB durante el tratamiento y tras la retirada de instrucciones en las últimas tres series. También se muestran diferenciados los valores registrados para las respuestas ante lanzamientos a la derecha, a la izquierda y hacia el centro del sujeto.

La Tabla 5.41 muestra los valores de precisión expresados en tanto por ciento de aciertos ante los diferentes lanzamientos y los valores globales agrupados por series.

Para exponer los resultados del Sujeto 6 comenzamos por separar los valores de TR para las respuestas ante lanzamientos a derecha, izquierda y centro en diferentes figuras acompañados de los niveles de precisión para cada situación.

En la Figura 5.56 vemos la evolución del TR ante lanzamientos a la derecha, que experimenta un descenso hasta conseguir valores medios próximos a cero, valores que se consideran anticipatorios. Esto se ve acompañado de una disminución de la precisión como se refleja en la Figura 5.57. Lo más destacable de este sujeto es el cambio de criterio sobre las últimas series coincidiendo con la retirada de la información sobre los preíndices. En las tres últimas series eleva la precisión a los niveles observados en LB y se incrementa el TR aunque ligeramente por debajo de LB.

Se observa un comportamiento similar ante lanzamientos hacia la izquierda (Figura 5.58). El TR desciende incluso por debajo de cero para posteriormente aumentar en las tres últimas series. En la Figura 5.59 se muestra como la precisión llega a valores muy bajos y se recupera al final con la retirada de la VI.

En el caso de la respuesta ante lanzamientos al centro de la zona de saque, los resultados de TR se observan en la Figura 5.60 junto a los niveles de precisión en esta

situación (Figura 5.61) . A partir de la octava serie desaparecen los valores debido a cinco series en las que la imprecisión es absoluta, errando todos los ensayos que conllevaban una respuesta hacia el centro. De nuevo en la última sesión se recupera la precisión, se incrementa el número de aciertos y las respuestas tienen tiempos ligeramente inferiores a la LB.

Los datos obtenidos sobre TM no reflejan su descenso con el tratamiento e incluso en los casos de las situaciones de lanzamientos a la derecha e izquierda observamos un ligero aumento. Durante las primeras series, los valores de TM para respuestas ante saques al centro son mayores que en el resto de situaciones, igualándose en la última sesión (Figura 5.62).

Los valores de RR expresados en la Figura 5.63 reflejan el comportamiento del TR a lo largo del tratamiento atenuado por el ligero aumento de TM. Destaca el descenso que se observaba en TR y la recuperación en la última sesión.

Sobre la Figura 5.64 se muestran los parámetros temporales de la respuesta de reacción de forma global durante el experimento. Aquí de nuevo se puede comparar la evolución de TR con el TM y los valores resultantes de RR desde la LB hasta el final del tratamiento.

El error en la elección de la respuesta, agrupados por sesiones se observa en la Figura 5.65 y en la Tabla 5.42.

En cuanto a la valoración de los preíndices se observa un cambio de criterio después de la primera sesión, coincidiendo con el descenso de los tiempos de reacción. El Sujeto 6, comenzó considerando con mayor relevancia la trayectoria de la raqueta para posteriormente prestar atención, según su informe, principalmente a la posición de la pelota (Figura 5.66).

En resumen, en el comportamiento del Sujeto 6 se observa una evolución descendente del TR consiguiendo valores de anticipación junto a un descenso acusado de la precisión. Posteriormente aparece un cambio de criterio en su rendimiento en la última sesión, aumentando el TR y la precisión. Los valores finales de TR están algo por debajo de la LB. El TM no experimenta una variación sobre la línea base destacando el alto índice de error en las respuestas ante lanzamientos al centro. Por todo, la RR evoluciona en función de lo expuesto para TR.

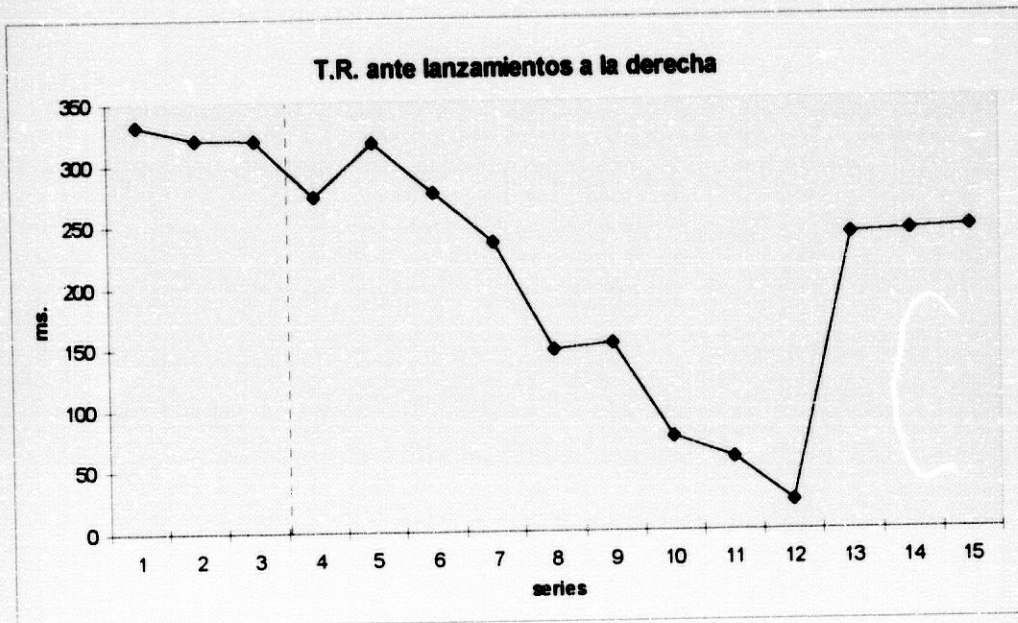


Figura 5.56: Sujeto 6. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su derecha.

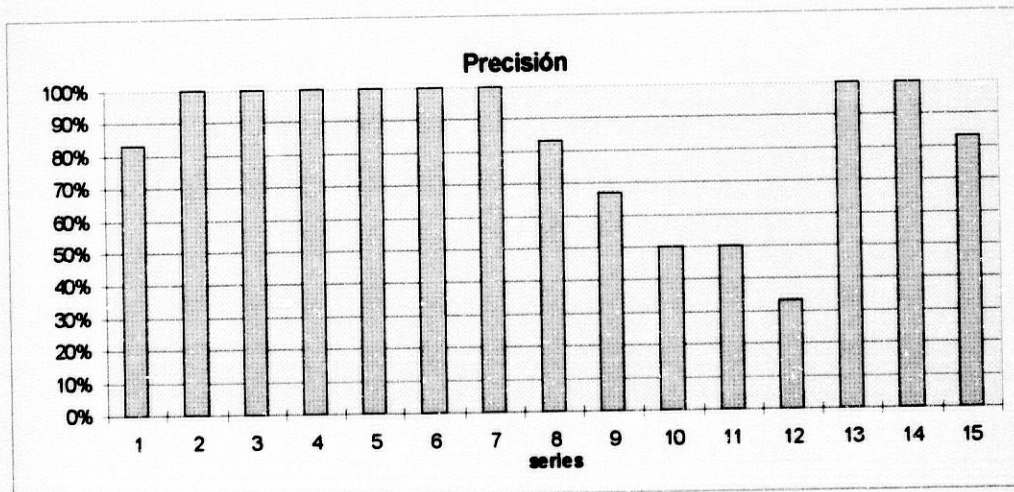


Figura 5.57: Sujeto 6. Precisión en las respuestas ante los lanzamientos a la derecha del sujeto.

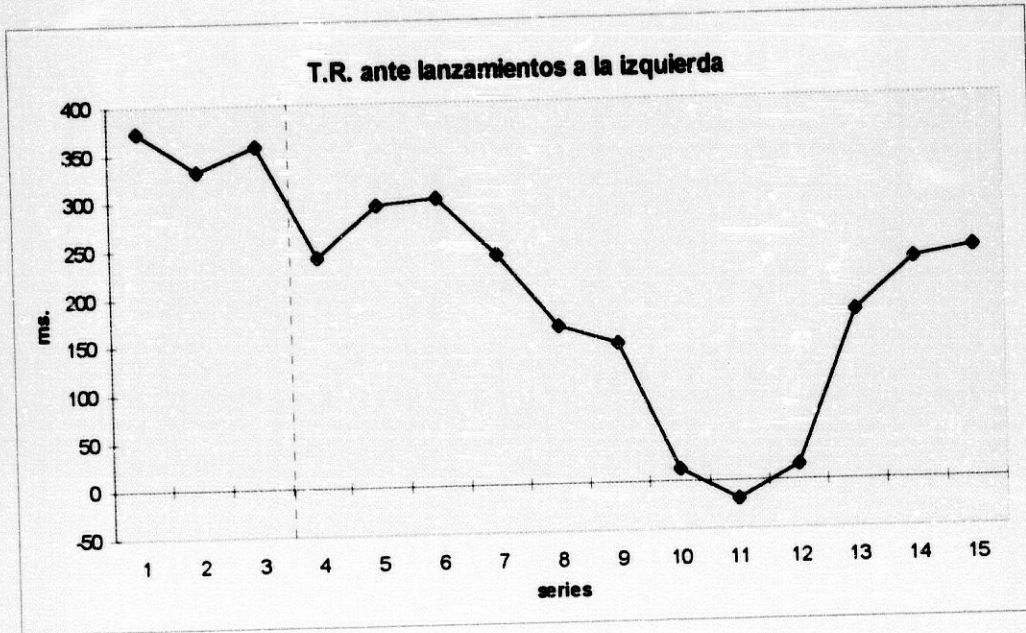


Figura 5.58: Sujeto 6. Resultados de Tiempo de Reacción ante los lanzamientos realizados hacia su izquierda.

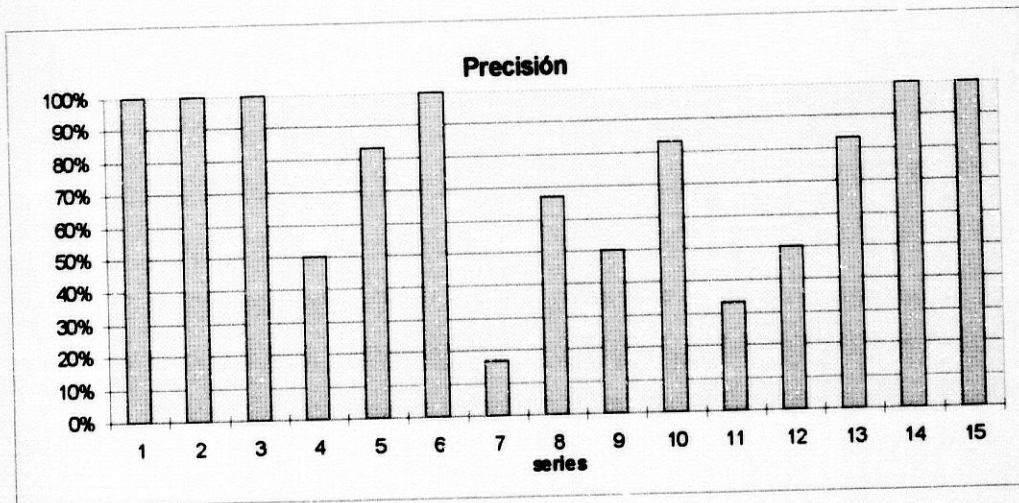


Figura 5.59: Sujeto 6. Precisión de las respuestas ante los lanzamientos hacia la izquierda

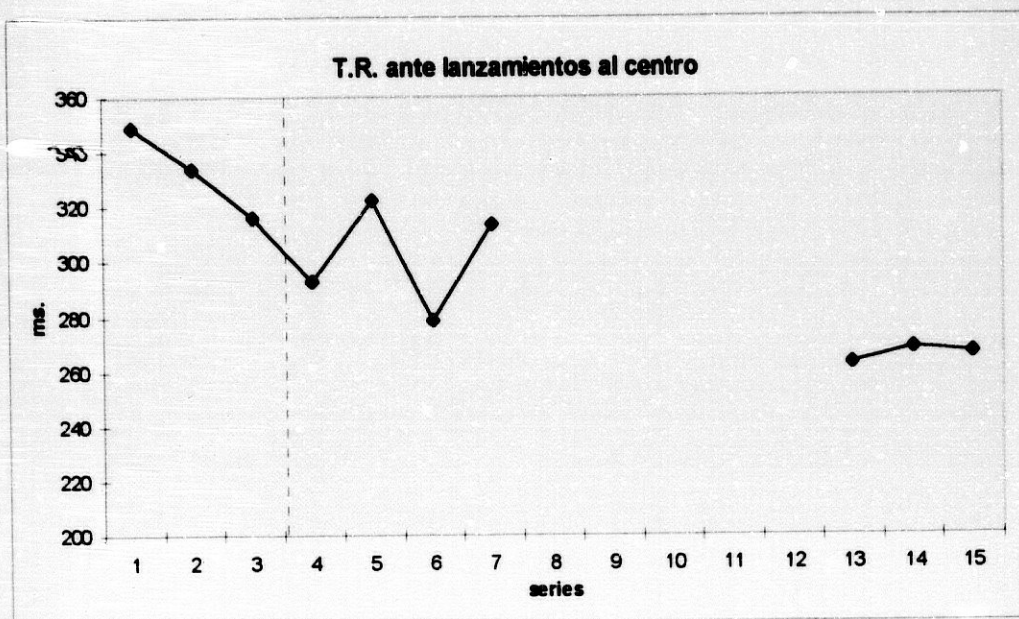


Figura 5.60: Sujeto 6. Resultados de Tiempo de Reacción ante lanzamientos realizados hacia el centro de la zona de saque.

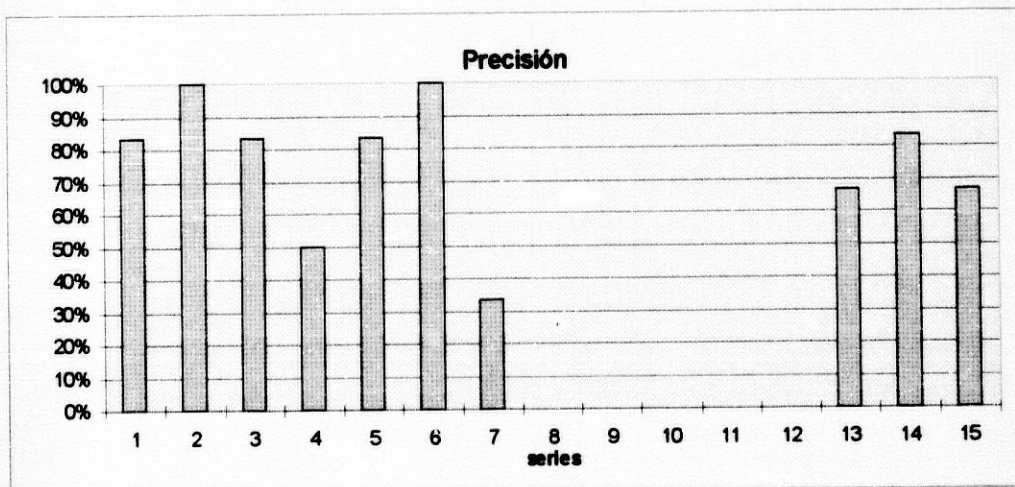


Figura 5.61: Sujeto 6. Precisión ante los lanzamientos hacia el centro

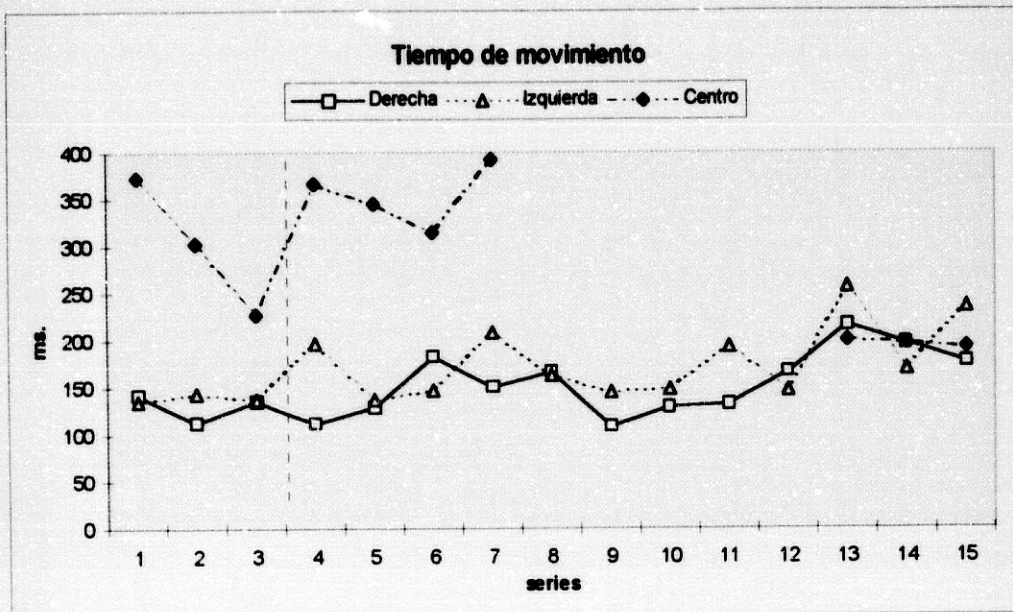


Figura 5.62: Sujeto 5. Resultados de Tiempo de Movimiento agrupados por series. Estan diferenciados los datos obtenidos de las acciones ante saques a la derecha, a la izquierda y al centro

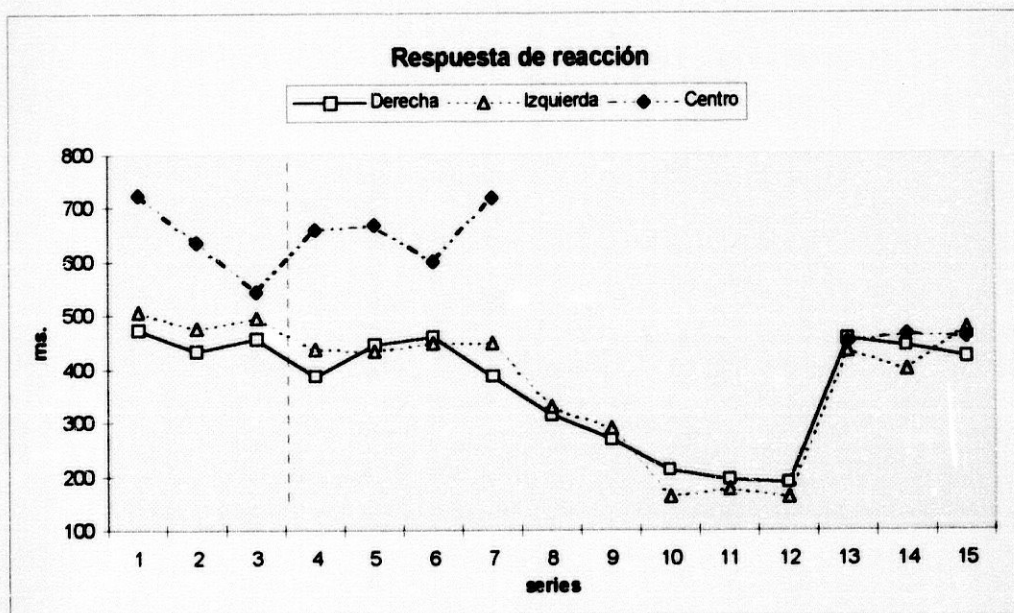


Figura 5.63: Sujeto 6. Resultados de la Respuesta de Reacción diferenciando las respuestas ante lanzamientos hacia la derecha, izquierda y centro.

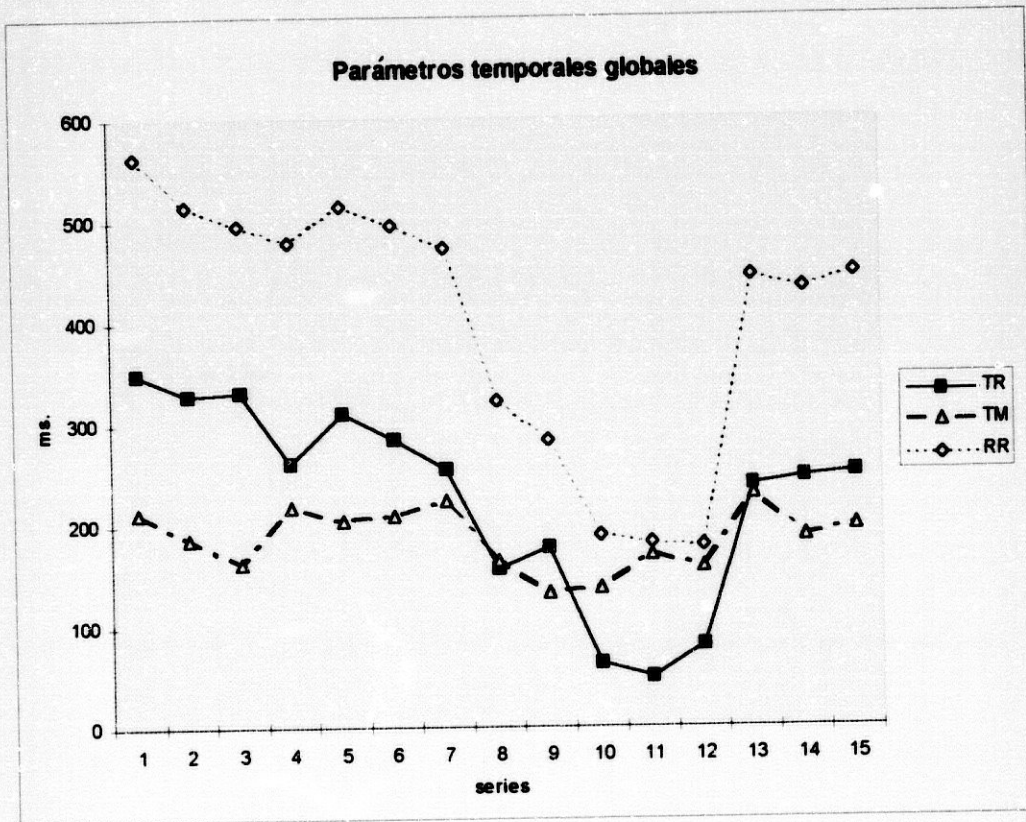


Figura 5.64: Sujeto 6. Parámetros temporales de la Respuesta de Reacción de forma global. Diferenciando Tiempo de Reacción, Tiempo de Movimientos y Respuesta de Reacción.

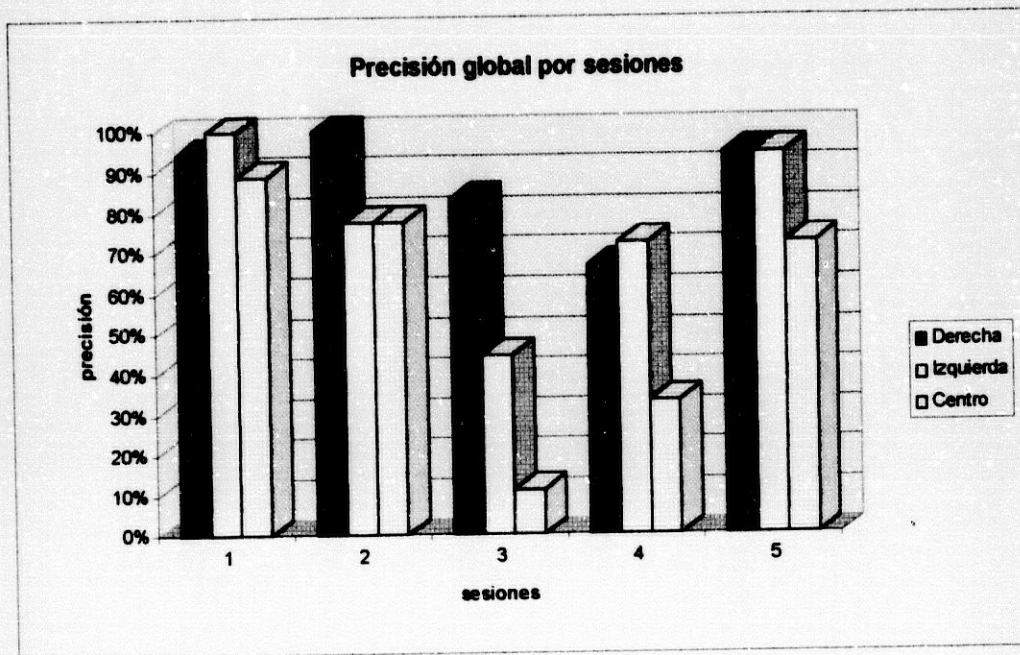


Figura 5.65: Sujeto 6. Precisión ante los diferentes lanzamientos agrupados por sesiones.

Tabla 5.42: Sujeto 6. Precisión global por sesiones.

Sesiones	Derecha	Izquierda	Centro
1	94%	100%	89%
2	100%	78%	78%
3	83%	44%	11%
4	67%	72%	33%
5	94%	94%	72%

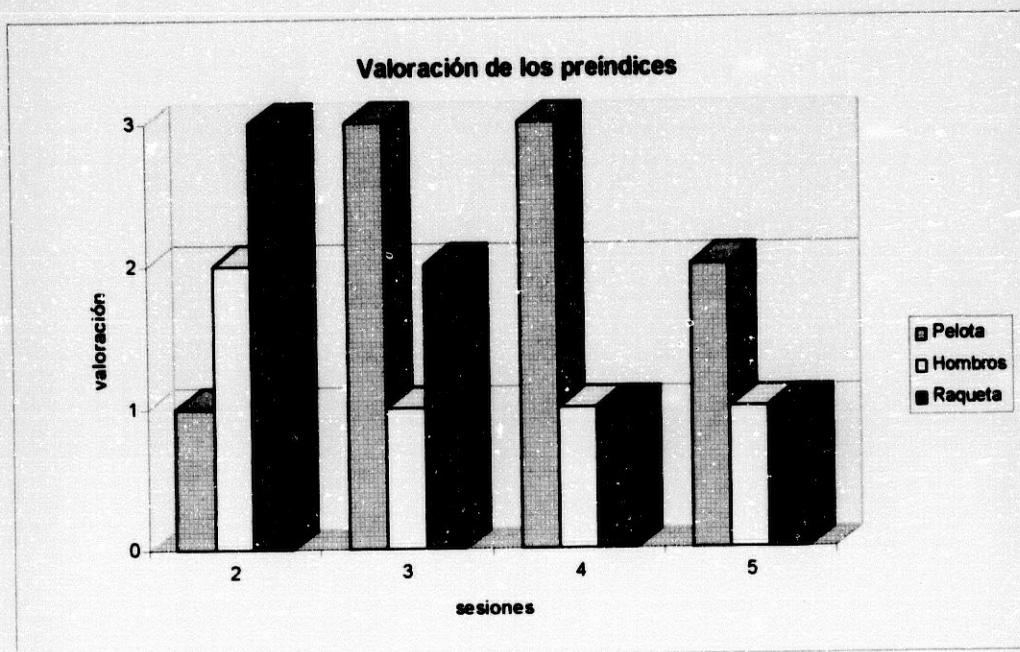


Figura 5.66: Sujeto 6. Valoración subjetiva de los preíndices aportados al sujeto.

Tabla 5.43: Sujeto 6. Valores de atención a los preíndices expresados por el sujeto.

Sesión	Posición de la pelota	Rotación de los hombros	Trayectoria de la raqueta
2	1	2	3
3	3	1	2
4	3	1	1
5	2	1	1

Estadística inferencial:

El análisis de los datos mediante la estadística inferencial ofrece una información complementaria a las conclusiones de la inspección visual sobre las curvas de rendimiento anteriores y en este caso podemos hacer ciertas consideraciones.

La prueba ANOVA global de medidas repetidas de la influencia global del tratamiento revela dificultades en el análisis por el escaso número de datos obtenidos durante el tratamiento sobre todo ante los saques al centro dado el elevado índice de error del sujeto.

Se observa un cambio en la tendencia de los datos en la última sesión coincidiendo con un cambio de criterio en la atención a los preíndices. Por otra parte, el incremento en el porcentaje de aciertos eleva el número de datos y da lugar a la aparición de diferencias significativas en el TR entre la primera y la última sesión ($f=15,60$ y $p<0.001$). Sin embargo merece la pena ser cautos en la presentación de los datos por este cambio de criterio.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Una vez expuesta la descripción del sistema automatizado desarrollado para este trabajo y concluida la exposición de la aplicación experimental que se ha realizado sobre el entrenamiento de la devolución del servicio en tenis se obtienen una serie de consecuencias que merecen ser expuestas.

6.1 SOBRE EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE LA INFORMACIÓN APLICADO HACIA HABILIDADES ABIERTAS

En relación con el primer objetivo de esta tesis doctoral se ha desarrollado un sistema automatizado de registro de la respuesta motora en situaciones de tiempo de reacción de elección aplicando un software que se ha construido específicamente para esta ocasión. Se ha profundizado sobre una de las líneas de trabajo del laboratorio de Análisis del Movimiento del departamento de Educación Física de la Universidad de Granada en el que actualmente se continúa trabajando en el desarrollo de sistemas automatizados que permitan un entrenamiento más preciso y fiable.

El instrumental necesario para aplicar este sistema también se ha desarrollado para este trabajo en concreto demostrando no sólo su utilidad en las situaciones descritas sino su flexibilidad para ser aplicado en otras circunstancias. De la misma forma que se ha utilizado para medir la respuesta de reacción en el resto se puede adaptar para registrar otras conductas motoras como salidas de velocidad (Martínez, 1994) u otras habilidades de deportes colectivos (Cárdenas, 1995).

El control automatizado de la información, referido a la administración de información inicial, de instrucciones, de pautas de comportamiento y al conocimiento de resultados, se ha mostrado como una estrategia útil dentro del proceso de aprendizaje de una habilidad motora. En nuestro caso se ha aplicado en el entrenamiento de habilidades motoras abiertas suponiendo un avance en los sistemas desarrollados anteriormente en el

seno de nuestro grupo de investigación orientados sobre habilidades cerradas (Martín & Serra, 1990; Oña et al., 1990a; Oña et al., 1993; Oña et al., 1994).

Los resultados de la aplicación experimental han mostrado un correcto funcionamiento del sistema suponiendo un avance en la automatización de tareas como la presentación de estímulos y el aporte de información. Más allá de las consecuencias de su aplicación, el sistema cumple perfectamente con el cometido para el que ha sido desarrollado.

Observamos como características más relevantes su fiabilidad en el proceso, su versatilidad y su compatibilidad. La unidad central controla íntegramente el proceso desde la información inicial hasta el almacenamiento de los datos con lo que se obtiene gran precisión reduciendo el error por la manipulación de los datos. Es versátil ya que puede aceptar un gran número de situaciones deportivas que requieran el entrenamiento de habilidades deportivas en especial en su respuesta de reacción. Y es compatible con otros soportes ya que los resultados son almacenados en formato alfanumérico y las conexiones se realizan a través del puerto Centronics, del que disponen todos los ordenadores compatibles PC, sin necesidad de tarjetas de comunicaciones ni módulos conversores de señales analógicas.

6.2 EL SISTEMA DE SIMULACIÓN ASISTIDO POR COMPUTADORA

El sistema de simulación es todavía una aproximación a la recreación de situaciones deportivas en el laboratorio. En el ámbito de la simulación asistida por computadora se están realizando avances continuamente y cada vez las animaciones y las interacciones con el sistema son más cercanas y más realistas.

Tal y como ha sido planteado, se han presentado al deportista imágenes tomadas de la realidad y reproducidas con ayuda de tecnología informática. En esta ocasión el

sistema ha cumplido las funciones que se le tenían encargadas de forma satisfactoria manteniendo un funcionamiento estable durante toda la aplicación experimental.

La emisión de señales visuales en movimiento supone un avance sobre anteriores modelos de presentación de estímulos próximos a la realidad que se mostraban estáticos (Cárdenas, 1995) o bien utilizaban magnetoscopios (Christina et al., 1990). La ventaja de realizar la animación por medio de computadoras y soportes lógicos específicos es el control absoluto del momento en el que se muestra cada imagen pudiendo controlar y medir la respuesta del sujeto con precisión de milisegundos y en función de la imagen que se está proyectando.

En este caso no fueron aplicadas señales sonoras en la presentación del estímulo aunque sí en el módulo de información para el que se utilizó un sistema multimedia que mantuvo su funcionalidad durante toda la fase experimental.

Los resultados satisfactorios alientan futuras investigaciones en la mejora de la calidad de las imágenes y la interacción con el sujeto.

6.3 SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE LA RESPUESTA DE REACCIÓN BASADA EN EL ANÁLISIS DE PREÍNDICES

La aplicación experimental del sistema desarrollado se ha centrado en el entrenamiento de la respuesta motora de reacción a través de estrategias de preíndices.

6.3.1 Sobre la detección de los preíndices

La elección de los preíndices ha sido un elemento formal que ha permitido la aplicabilidad experimental. Proponemos que el entrenador debería tomar parte activa en

la elección de los preíndices sobre los cuales quiere entrenar a sus deportistas. En este caso la selección de los preíndices se ha llevado a cabo mediante una metodología de análisis biomecánico tridimensional del deportista. Se han buscado aquellas trayectorias de segmentos corporales o implementos que, siendo visibles para el oponente, se mostraran significativamente diferentes en los distintos tipos de acciones.

En el caso del tenis los preíndices obtenidos se han mostrado significativos y observables por el deportista objeto del entrenamiento. Ya hemos comentado las conclusiones resultantes del análisis en el Capítulo 2 del que resaltamos la especificidad de los preíndices al sujeto y el interés que puede tener el profundizar en poblaciones más numerosas y con nivel de competición mundial.

Sobre los preíndices que más han sido utilizados de los tres seleccionados no podemos sacar conclusiones claras ya que no era un objetivo determinar cuál es el preíndice idóneo sino conocer el comportamiento de los tenistas ante ellos. A este respecto merece la pena comentar la variación experimentada por un sujeto cuando a mitad del tratamiento modifica su estrategia de atención a un preíndice para sustituirlo por otro. Este cambio determinó una recuperación en la efectividad aunque supuso un incremento en su respuesta de reacción. Proponemos que sean los entrenadores y técnicos los que, a través de un análisis más pormenorizado, determinen cuáles son los preíndices más adecuados teniendo en cuenta las características no sólo del oponente sino del propio deportista objeto del entrenamiento.

6.3.2 Parámetros temporales

La mejora de los parámetros temporales de la respuesta de reacción ha sido significativa en el tiempo de reacción (TR) observándose decrementos en sus valores en los sujetos analizados, con las excepciones hechas en el análisis de los resultados y observándose una estabilización durante el tratamiento en algunos casos concretos.

Esta mejora del TR a través de un sistema automatizado de control de la información coincide con los resultados obtenidos en anteriores experiencias en habilidades cerradas (Martín, 1991; Oña et al., 1993).

Hay que tener en consideración, una vez analizados los resultados, la influencia negativa que han tenido las respuestas al centro de la zona de saque sobre los resultados medios en los parámetros de la respuesta de reacción. Los saques al centro, al poseer índices intermedios entre los realizados a la derecha o izquierda, han provocado un mayor porcentaje de error y como consecuencia mayores tiempos de reacción. Aunque hay que reconocer que esto ha sido así sólo en algunos casos, la reiteración de errores ante saques al centro ha podido influir sobre la identificación de preíndices de los saques hacia la derecha e izquierda. De todas formas esto puede tener menor relevancia si consideramos que los saques al centro no plantean un problema temporal de llegar a un lugar u otro sino una cuestión fundamentalmente técnica sobre la forma de resolver la devolución de un saque potente hacia la posición del jugador al resto.

Se han observado valores medios de TR en algunos sujetos por debajo de 100ms. e incluso se han dado de forma estable en un sujeto valores medios cercanos a cero (considerando como punto de referencia el golpeo de la pelota). Estos valores dan lugar a reconocer estrategias de anticipación en algunos sujetos a partir de la sesión de tratamiento. Esta anticipación ha sido acompañada en algunos casos con errores en la decisión que se han ido reduciendo conforme avanzaba la práctica. Por tanto parece que el entrenamiento en la detección de preíndices a través de este sistema mejora las estrategias de anticipación.

El tiempo de movimiento no ha sufrido una variación por la aplicación del tratamiento. Estos resultados nos llevan a pensar que las instrucciones dadas no son efectivas sobre la mejora del tiempo de movimiento sino que van orientadas a conseguir la reacción del sujeto en el menor tiempo posible y por tanto el tiempo de movimiento se ha mantenido estable con fluctuaciones de aspecto aleatorio.

La mejora observada en la respuesta de reacción (RR) es producto del efecto que sobre ella ha tenido la mejora del TR. La RR se compone de la sumatoria de TR y TM. Este último, al no experimentar variación, no ha afectado en la mejora de RR produciendo en algunos casos fluctuaciones que atenuaban su descenso o dificultaban la significación del análisis estadístico.

6.3.3 Eficacia de la respuesta

Un aspecto que hemos tenido en cuenta junto a la valoración de los parámetros temporales ha sido la elección correcta en la respuesta. Una estrategia de anticipación conlleva en sí misma un grado de riesgo, un porcentaje de éxito que depende de la calidad del preíndice y de la capacidad del sujeto para detectarlo. Esto ya lo vimos en el apartado referido a la devolución del servicio en tenis dentro del primer capítulo y es la razón por la que hemos medido el grado de eficacia reflejado en la tasa de aciertos.

En un primer instante, al comienzo del tratamiento se ha observado en algunos casos un decremento en la elección correcta. Es cierto que también se han observado casos que han mantenido los porcentajes de acierto, quizás debido a una clara y rápida identificación del preíndice indicado, pero es justificable que con la práctica el tenista vaya aprendiendo a detectar correctamente aquellos datos que le ofrecen información sobre la dirección final de la pelota. Por tanto podemos decir que, a tenor de los datos, la detección de preíndices es una destreza que puede ser objeto de entrenamiento.

En resumen, este sistema se muestra como una herramienta eficaz para la mejora del tiempo de reacción en la habilidad motora abierta de la devolución del saque en tenis. Aún es más importante en el caso de la devolución de un segundo saque donde una reducción del tiempo necesario para reaccionar como la observada le permitiría al tenista llegar a la pelota con más tiempo y realizar la acción de devolución dándole más potencia al golpe y conseguir mayor control de la pelota llevando la iniciativa del punto.

En función de los resultados obtenidos y conforme a los comentarios realizados podemos obtener una serie de conclusiones.

6.4 CONCLUSIONES

- 1 El sistema automatizado de control de la información constituye un adecuado entorno tecnológico para emplear en el entrenamiento de habilidades psicológicas en deportes abiertos.
- 2 La simulación asistida por computadora es un elemento que permite reproducir estímulos más complejos próximos a la situación deportiva aportando una información útil al entrenamiento de anticipación de habilidades motoras abiertas.
- 3 El sistema automatizado de control de la información se ha mostrado como un instrumento eficaz para la mejora de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en una habilidad abierta como la devolución del saque en tenis.
- 4 Se han observado preíndices significativos de forma individualizada en el saque en tenis que son apropiados para el entrenamiento de la devolución del saque en este deporte.
- 5 La detección de preíndices produce un decremento inicial en la eficacia en la elección de la decisión correcta y es susceptible de entrenamiento para su mejora.
- 6 El entrenamiento en anticipación a través de la estrategia de detección de preíndices ha resultado eficaz reduciendo los valores de la respuesta de reacción en deportistas en la situación de la devolución del saque en tenis.

- 7 La reducción de la respuesta de reacción producto del entrenamiento es fruto de la reducción del tiempo de reacción no teniendo influencia el tratamiento aplicado sobre la mejora del tiempo de movimiento.

6.5 MEJORAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Los sistemas automatizados que permiten la simulación de la situación real en un laboratorio son cada día más complejos y a la vez más accesibles. El trabajo desarrollado en esta tesis ha pretendido iniciar una nueva línea enfocada hacia el entrenamiento de habilidades que hasta ahora se había realizado en los terrenos de juego al tratarse de habilidades motoras que no eran susceptibles de estudio en un laboratorio. Consideramos nuestro intento de recrear la situación real en un laboratorio como un primer paso en la evolución de los simuladores asistidos por computadora. Términos como, '*simuladores*', '*realidad virtual*', o '*ciberespacio*' son hoy poco conocidos pero cada vez más próximos al mundo del entrenamiento deportivo y a las ciencias de la actividad física.

Una de las mejoras en las que se puede continuar trabajando es la de incrementar la definición de las imágenes (aún no demasiado nítidas) optimizando las animaciones computarizadas manteniendo el control sobre ellas.

Otra mejora va encaminada en la interacción del deportista con la simulación. Esto es, conseguir que la computadora modifique la secuencia estimular en función de las evoluciones del sujeto entablándose una relación lógica entre el deportista y la recreación de la realidad frente a él. Esto no es ya ciencia ficción sino una posibilidad que debe ser estudiada calculando sus posibilidades como entrenamiento de la conducta motora, específicamente la deportiva.

En cuanto a los sistemas de registro de la respuesta del deportista, observamos una evolución en los dispositivos de medida que nos sugieren avances que permiten conocer las características del movimiento del deportista.

En suma, podríamos considerar este trabajo como un punto y seguido en la investigación en sistemas automatizados basados en la simulación y aplicados al entrenamiento de habilidades motoras abiertas dando paso a otros trabajos que traten de profundizar e incrementar la eficiencia de estos sistemas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Aziz, Y.I. & 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.
- Abernethy, B. (1987). Anticipation in sport: a review. *Physical Education Review*, 10, 5-16.
- Abernethy, B. (1991). Visual search strategies and decision-making in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 189-210.
- Abernethy, B. & Russel, D. G. (1983). Skill in tennis: consideration for talent identification and skill development. *Australian Journal of Sport Sciences*, 3, 3-12.
- Adam, D. (1995). Tennis, le retour du service. *Education Physique et Sport*, 252, 67-71.
- Alain, C. & Sarrazin, C. (1990). Study of decision-making in squash competition: a computer simulation approach. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 15, 193-200.
- Anshel, M. H. (1995). Examining warm-up decrements as a function of interpolated open and closed motor tasks. *Journal of Sport Sciences*, 13, 247-256.
- Arellano, R. & Oña, A. (1987). Efecto diferencial de la intervención sobre expectativas atencionales en la salida de natación. *Motricidad*, 0, 9-15.
- Arellano, R., Oña, A., Martínez, M., & Moreno, F.J. (1994) *Device for quantitative measurement of starting in swimming*. VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.
- Arend, S. (1980) Developing perceptual skills prior to motor performance. *Motor skills theory into practice*, 1, 11-17.
- Arnau, J. (1984). *Diseños experimentales en psicología y educación*. México. Trillas.
- Arranz, J.A.; Andrade, J.C. & Crespo, M. (1993). *La táctica del tenis*. En: Varios. *Tenis*. Madrid. Comité Olímpico Español.
- Barlow, D. H. & Hersen, M. (1988). *Diseños experimentales de caso único*. Barcelona. Martínez Roca.

- Bayer, C. (1986). *La enseñanza de los juegos deportivos colectivos*. Barcelona. Hispano Europea.
- Bilodeau, E. A. & Bilodeau, Y. M. (1958). Variable frequency knowledge of results and the learnings of a simple skill. *Journal of Experimental Psychology*, 55, 379-383.
- Botwinick, J. & Thompson, L. W. (1967). Practice of speed response in relation to age, sex and set. *Journal of Gerontology*, 22, 72-76.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London. Pergamon Press.
- Cárdenas, D. (1995). *Desarrollo y aplicación de un sistema automatizado para la mejora de las variables comportamentales del pase en baloncesto*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Carlton, M. J. (1986). Amending limb movements to mechanical perturbations under choice reaction time conditions. *Journal of Motor Behavior*, 18, 163-187.
- Castiello, U. & Umilta, C. (1992). Orienting attention in volleyball players. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 301-310.
- Clarkson, P. M. & Kroll, W. (1978). Practice effects on fractioned response time related to age and activity level. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 102-106.
- Craty, B. J. (1972). *Teaching motor skills*. New Jersey. Prentice-Hall.
- Christina, R. W. (1973). Influence of enforced motor and sensory sets on reaction latency and movement speed. *Research Quarterly*, 44, 483-487.
- Christina, R. W., Barresi, J. V. & Shaffner, P. (1990). The development of response selection accuracy in a football linebacker using video training. *Sport Psychologist*, 4, 11-17.
- Davis, W. E. (1989). Using goals in Adapted Physical Education. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 6, 205-216.
- De Leva, P. (1994). Adjustments to the Zatsiorsky et al. (1990) mean segment inertia parameters. (sin publicar).
- De Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid. Alianza.

- Deustch, J. A. & Deustch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Dickie, D. A. & Kerr, R. (1987). Perceptual and motor practice and choice reaction time. *International Journal of Sport Psychology*, 18, 40-50.
- Dillon, J. M., Crassini, B. & Abernethy, B. (1989). Stimulus uncertainty and response time in a simulated racket-sport task. *Journal of Human Movement Studies*, 17, 115-132.
- Donders, F. C. (1968). *La vitesse des actes psychiques*. Archives Néerlandaises. (Reeditado en Acta Psychologica, 1969)
- Dornier, L. A. & Reeve, T. G. (1990). Evaluation of compatibility effects in the precuing of arm and direction parameters. *Research Quarterly fo Exercise and Sport*, 61, 37-49.
- Durand, M. (1988). *El niño y el deporte*. Madrid. Paidos-MEC.
- Durey, A. & Journeaux, R. (1995). *Aplication of three-dimensional analysis to sport*. En Allard et al. (eds.). *Three-dimensional analysis of human movement*. Champaign, IL. Human Kinetics.
- Elliot, B.; Marshall, R. & Blanksby, B. (1986). A three-dimensional cinematographic analysis of the tennis serve. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2, 260-271.
- Elliot, B.; Marshal, R. & Noffal, G. (1995). Contributions of upper limb segment rotations. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 433-442.
- Famose, J. P. (1992). *Aprendizaje motor y dificultad de la tarea*. Barcelona. Paidotribo. (Edición original en francés, 1990).
- Fitts, P. M. & Petterson, J. R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology*, 67, 103-112.
- Fleisman, E. A. (1976). On the relation between abilities, learning and human performance. *American Psychologist*, 27, 1017-1032.
- Gallistel, C.R. (1980). *The organization of action*. Hillsdale, N. J. Erlbaum.

- García, F., Oña, A., Moreno, F. & Martínez M. (1993). *Soluciones Tecnológicas a la Medición de las Pruebas Físicas: Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Granada.
- García, F., Oña, A., Moreno, F. & Martínez M. (1994). *Aplicación de un sistema de registro computerizado a atletas de élite en el Centro de Alto Rendimiento Deportivo de Sierra Nevada*. V Congreso Andaluz de Psicología de la Actividad Física y el Deporte. Málaga.
- Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17, 3-23.
- Gentile, A. M. (1975). *The structure of motor task. Mouvement*. Actas del 7º Congreso de Aprendizaje Motor y Psicología del Deporte.
- Gesell, A. (1979) *El niño de 1 a 5 años. Guía para el estudio del niño preescolar*. Buenos Aires. Paidós
- Girardin, Y. (1988). Micro-informatique et prise de decision en sport. *Science & Sport*, 3, 263-268.
- Goodman, D. & Kelso, J. A. (1980). Are movements prepared in parts?. Not under compatible (naturalized) conditions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 249-251.
- Gottsdanzer, R. & Tietz, J. D. (1992). An "exhaustive" search for task that falls between the choice and simple reactions. *Journal of Motor Behavior*, 24, 147-156.
- Goulet, C.; Bard, C. & Fleury, M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: A visual information procesing aproach. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 11, 382-398.
- Goulet, C.; Bard, C. & Fleury, M. (1992). Les exigences attentionnelles de la préparation au retour de service au tennis. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 11, 382-398.
- Grosser, M. & Neumayer, A. (1986). *Técnicas de entrenamiento*. Barcelona. Martínez Roca.

- 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 de la Universidad de Granada.
- Gutiérrez, M.; Oña, A. & Santamaria, J. (1988). Hacia una epistemología motriz como resultado de la aproximación científica al estudio del movimiento humano. *Motricidad*, 1, 7-16.
- Gutiérrez, M., Soto, V.M. y Martínez, M. (1990). *Sistema de análisis computerizado para el movimiento humano*. Málaga: UNISPORT.
- Hatze, H. (1994). Impact probability distribution sweet spot, and the concept of an effective power region in tennis rackets. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 43-50.
- Hay, J. & Reid, J. (1982). *The anatomical and mechanical bases of human locomotion*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall.
- Henry, F. M. (1960). Influence of motor and sensory sets on reaction latency and speed of discrete movements. *Research Quarterly*, 23, 43-53.
- Henry, F. M. & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a memory-drum theory of neuromuscular reaction. *Research Quarterly*, 31, 440-447.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 11-26.
- Highlen, P. S. & Bennett, B. B. (1983). Elite divers and wrestler: a comparison between open- and closed-skill athletes. *Journal of Sport Psychology*, 5, 390-409.
- Ho, L. & Shea, J. B. (1978). Effects of relative frequency of knowledge of results on retention of a motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 46, 859-866.
- Howarth, C.; Walsh, W. & Abernethy, B. (1984). A field examination of anticipation in squash: some preliminary data. *Australian Journal of Science & Medicine in Sport*, 16, 6-10.
- Hull, C. L. (1943). *Principles of Behavior*. New York. Appleton-Century.

- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 188-196.
- Inomata, K. (1980). Influence of different preparatory set on reaction time and arm movement time. *Perceptual and Motor Skills*, 50, 139-144.
- Isaacs, L. D. & Finch, A. E. (1983). Anticipatory timing of beginning and intermediate tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 451-454.
- Jones, C. (1971). *Tenis: cómo llegar a campeón*. Barcelona. Sintés. (Edición original en inglés, 1968).
- Jones, C. (1986). *Tácticas en tenis*. Barcelona. Hispano Europea.
- Jones, C. M. & Milles, T. R. (1978). Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball. *Journal of Human Movement Studies*, 4, 231-235.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. New Jersey. Prentice-Hall
- Kao, S. S., Sellens, R. W. & Stevenson J. M. (1994). *Journal of applied biomechanics*, 49, 71-79.
- Kerr, R. (1982). *Psychomotor Learning*. New York. Saunders College Publishing.
- Knappp, B. (1979). *La habilidad en el deporte*. Valladolid. Miñón.
- Konzag, I. (1990). Attività cognotiva e formazione del giocatore. *SDS. Rivista di Cultura Sportiva*, 9, 14-20.
- Krahenbuhl, G. S., Plummer, R. F. & Gainterm G. L. (1975). Motor and sensory set effects on grab-start times of champion female swimmer. *Research Quaterly*, 46, 441-446.
- Kreighbaum, E. & Barthel, K. (1981). *Biomechanics. A qualitative approach for studying human movement*. Minneapolis. Burgess.
- LaBerge, D. (1973). Identification of two components of the time to switch attention. A test of aserial and parallel mode of attention. En S. Kornblum (DE.) *Attention and performance IV*. New York. Academic-Press.
- Langill, A. W. (1965). *Automatic control systems engineering*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall.

- Larish, D. D. & Frekany, G. A. (1985). Planning and preparing expected and unexpected movements: reexamining the relationships of arm, direction, and extent of movement. *Journal of Motor Behavior*, 17, 168-189.
- Lee, T. D. & Magill, R. A. (1983). The locus of contextual interference in motor skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 730-746.
- Locke, E. A. & Lathman, G. P. (1985). The application of goal setting to sports. *Sport Psychology Today*, 7, 205-222.
- Magill, R. A. (1993). *Motor Learning. Concepts and applications*. Iowa. Brown Publishers.
- Martin, N. (1991) *Incidencia de la retroinformación (feedback) temporal sobre los parámetros temporales de la respuesta de reacción en un salto vertical, bajo un sistema automático de control*. Tesis Doctoral. Servicio de publicaciones de la Universidad de Granada
- Martin, N. & Serra, E. (1990). *Efectos del feedback temporal en los distintos parámetros de la respuesta de reacción*. II Congreso del Colegio Oficial de Psicólogos. Valencia.
- 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. Universidad de Granada.
- Maxeiner, J. (1987). Concentration and distribution of attention in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 18, 247-255.
- McGrown, C. (1976). The effect of motor and sensory set on reaction time and muscle electrical activity. *Research Quarterly*, 47, 709-715.
- Mowbray, G. H. & Rhoades, M. U. (1959). On the reduction of choice reaction-times with practice. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 16-23.
- Muela, M. (1985). *Tenis básico*. Madrid. Alhambra.
- Navon, D. & Gopher, D. (1979). On the economy of the human processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255.

- Neisser, U. (1976). *Psicología cognoscitiva*. México. Trillas. (Edición original, 1968).
- Nettleton, B. (1986). Flexibility of attention and elite athletes performance in 'fast-ball-games'. *Perceptual and Motor Skills*, 63, 991-994.
- Newell, K. M. & Carlton, L. G. (1985). On the relationship between peak performance and peak force variability in isometric tasks. *Journal of Motor Behavior*, 11, 49-58
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75, 522-536.
- Norman, D.A. (1968). *Models of human memory*. Academic Press. London.
- Oña, A. (1987). *Desarrollo y Motricidad*. Granada. CD INEF.
- Oña, A. (1989). *Efectos de las Estrategias atencionales, la Complejidad del Gesto y la Práctica en la Eficacia motora bajo un sistema Automático de Análisis Temporal*. Tesis Doctoral. Granada. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Oña, A. (1990). *Control, Aprendizaje y Desarrollo Motor*. Proyecto docente para la defensa de la plaza de profesor titular. Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada.
- Oña, A. (1990b). Effects of different attentional strategies and practice on motor efficiency. *Perceptual and Motor Skills*, 71, 35-43.
- Oña, A. (1994). *Comportamiento motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Granada. Universidad de Granada
- Oña, A., Martín, N., Padial, P. & Serra, E. (1990a). *Descripción de un sistema de feedback y análisis temporal automatizado*. Actas del II Congreso del Colegio Oficial de Psicólogos. Valencia
- Oña, A., Martín, N., Padial, P. & Serra, E. (1990b). *Description and application of an automatic system for temporal analysis of Motor Behavior*. International Congress on Youth, Leisure and Physical Activity. Bruselas.

- Oña, A. Padial, P. Martínez, M. & Moreno F. J. (1992). *Sistema automatizado para la adquisición de registros*. I Congreso Internacional sobre Informática y Nuevas Tecnologías en el Deporte. Torremolinos (Málaga).
- Oña, A., Martínez, M., Moreno, F., Serra, E. & Arellano, R. (1993). Optimización de los componentes temporales de la salida de atletismo a través del control de la información. *Revista de Psicología del Deporte*, 3, 5-15.
- Oña, A., Martínez, M., Moreno, F., Serra, E., Arellano, R. (1994). Descripción de un sistema computerizado de registro y control de la información temporal aplicado al deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 11, 163-171
- Piacentini, S. & Missaglia, P. (1984). *Tenis Moderno*. Barcelona. De Vecchi.
- Pieron, M. (1988). *Didáctica de las actividades físicas y deportivas*. Madrid. Gymnos.
- Pöhlman, R. (1979). *Motorisches lernen*. Sportverlag, Berlin.
- Posner, M. L. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, N.J. Erlbaum.
- Proteau, L. Levesque, L. Laurencelle, L. & Girouard, Y. (1989). Decision making in sport: the effect of stimulus-response probability on the performance of a coincidence-anticipation task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 66-76.
- Quesada, D. C. & Schmidt, R. A. (1970). A test of the Adams-Creamer decay hypothesis for the timing of motor responses. *Journal of Motor Behavior*, 2, 273-283.
- Ramella, J. R. & Weigand, R. L. (1983) Importance of the post-knowledge delay interval on transis reaction. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 303-307.
- Reeve, T. G. & Proctor, R. W. (1988). Determinants of two choice reaction-time patterns for same-hand and different-hand finger pairing. *Journal of Motor Behavior*, 20, 317-340.
- Riera, J. (1989). *Aprendizaje de la Técnica y la Táctica Deportivas*. Barcelona. INDE.
- Roca, J. (1983). *Tiempo de reacción y deporte*. Barcelona. INEF.
- Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: specific of arm, direction and extend. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444-474.

- Rossi, B. & Zani, A. (1991). Timing of movement-related decision processes in clay-pigeon shooters as assessed by event-related brain potentials and reaction times. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 128-139.
- Ruiz, L. M. (1994). *Deporte y Aprendizaje. Procesos de adquisición y desarrollo de habilidades*. Madrid. Visor.
- Sage, G. H. (1977). *Introduction to motor behavior: A neuropsychological approach*. Reading, Massachusetts. Addison-Wesley P.C.
- Salmoni, A. W.; Schmidt, R. A. & Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Sanchez, F. (1992). *Bases para una didáctica de la educación física y el deporte*. Madrid. Gymnos.
- Santamaría, D. L. (1970). Premotor and motor reaction time associated with stretching of the hamstring muscles. *Journal of Motor Behavior*, 2, 163-174.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor Control and Learning*. Illinois. Human Kinetics.
- Schmidt, R. A. & Gordon, G. B. (1977). Error in motor responding, rapid corrections, and false anticipation. *Journal of Motor Behavior*, 9, 101-111.
- Shapiro, D. C. & Schmidt, R. A. (1982). The schema theory: Recent evidence and developmental implications. En J.A.S. Kelso & J.E. Clark (Eds.), *The development of movement control and coordination*. New York. Wiley.
- Shea, J. B. & Morgan, R. L. (1979). Contextual interference effect on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.
- Sherwood, D. E.; Schmidt, R. A. & Walter, C. W. (1988). The force/force-variability relationship under controlled temporal conditions. *Journal of Motor Behavior*, 20, 106-116.

- Simon, J. R. & Slaviero, D. P. (1975). Differential effects of a foreperiod countdown procedure on simple and choice reaction time. *Journal of Motor Behavior*, 7, 62-72.
- Simon, J.R. & Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51, 300-304.
- Singer, R. N. (1980). *Motor learning and human performance*. New York. McMillan Co.
- Singer, R. N. (1985). *Sport Psychology Today*. Conferencia Inaugural. Actas VI Congreso Mundial de Psicología del Deporte. Copenhagen.
- Singer, R. N. (1986). *El aprendizaje de las acciones motrices en el deporte*. Barcelona. Hispano Europea.
- Singer, R. N.; Cauraugh, J. H.; Chen, D.; Steinberg, G. M.; Frehlich, S.G. (1996) Visual search, anticipation, and reactive comparisons between highly-skilled and beginning tennis players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 8, 9-26
- Snyder, B & Abernethy, B. (1992). *The creative Side of Experimentation*. Champaign, Ill. Human Kinetics.
- 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. Servicio de publicaciones Universidad de Granada.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extension of Donders method. En G.E. Stelmach (Ed.), *Information processing in Motor Control and Learning*. New York. Academic Press.
- Tameila, S. & Kujala, U. M. (1992). Reaction times with reference to musculoskeletal complaints in adolescence. *Perceptual and Motor Skills*, 75, 1075-1082.
- Taylor, D.A. (1976). Stages analysis of reaction time. *Psychological Bulletin*, 83, 161-169.
- Thorndike, E. L. (1931). *Human Learning*. New York. Appelton-Century.

- Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282, 299.
- Tudela, P. (1981). *Psicología Experimental*. Madrid. UNED.
- Van Gheluwe, B. & Hebbelinck, M. (1983). *The Kinematics of the service movement in tennis: a three-dimensional cinematographical approach*. Proceedings of the 9th International Congress of Biomechanics. Waterloo. Ontario (Publicado en 1984 Champaign, IL. Human Kinetics)
- Wallon, H. (1974). *La evolución psicológica del niño*. México. Grijalbo (Edición original en francés, 1968).
- Watson, J. B. (1961). *El conductismo*. Buenos Aires. Paidós (Edición original en inglés: *Behaviourism*. 1930. New York. Norton).
- White, F. M. (1986). *Fluid mechanics*. New York. McGraw-Hill
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics*. New York. Willey.
- Winstein, C. J. & Schmidt, R. A. (1990). Reduced frequency of knowledge of result enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 677-691.
- Wrisberg, C. A. & Anshel, M. H. (1993). A field test of the activity-set hypothesis for warm-up decrement in an open skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64, 39-45.
- Wrisberg, C. A. & Pushkin, M. H. (1976) Preparatory set, response complexity, and reaction latency. *Journal of Motor Behavior*, 8, 203-207.
- Yazdy-Ugav, O. (1988). Speed of information processing in sport: closed vs open skills. *International Journal of Sport Psychology*, 19, 281-295.
- Zelaznick, H. N. & 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.

8. ANEXOS

ANEXO 1: REGISTRO POST-SESIÓN

Tesis Doctoral. Francisco J. Moreno Hernández
Grupo de investigación Análisis del Movimiento
F.C.C.A.F.D. Universidad de Granada

REGISTRO POST-SESION:

Nombre: _____

Sesión: _____

Fecha: _____ Hora: _____

¿En que medida prestas atención en los índices que te señalamos?

- Poca atención, no puedo evitar fijarme en otras cosas
- Bastante atención
- Me concentro totalmente en ellos

Tras conocer la información sobre los preíndices del saque ¿cual a sido tu actuación posterior?

- He estado probando con diferentes índices 'tanteando' sin llegar a fijar ninguno
- He estado probando con diferentes índices y me he centrado en dos de ellos
- He estado probando con diferentes índices y me he centrado en uno de ellos
- He ido directamente a fijarme en uno de ellos
- He ido directamente a fijarme en dos de ellos

- Otra opción _____

En su caso ¿A cuál o cuáles de los preíndices le has prestado mas atención?

	Poca	Media	Mucha
Posición de la pelota en el golpeo:			
Rotación de los hombros:			
Trayectoria de ascenso de la raqueta:			

ANEXO 2: TEXTO DE LA INFORMACIÓN INICIAL

A continuación vas a observar algunos datos relevantes sobre el saque de tu oponente.

Hay algunos índices que pueden ayudarte a intuir la trayectoria final de la pelota.

En este caso podrás predecir si lanzará hacia tu derecha o hacia tu izquierda.

Hay tres puntos importantes en los que fijarte.

Dos de ellos se sitúan en el momento del contacto de la raqueta con la pelota, y el tercero hace alusión a la trayectoria de la raqueta previo al golpeo.

Veámoslos por separado.

[il:Imagen ciborg del contacto]

En el momento del contacto con la pelota has de observar la rotación de los hombros

[i2:imagen remarcando los hombros]

que te indicará la orientación del lanzamiento y la posición de la pelota con respecto al eje longitudinal.

[i3:marcar el eje longitudinal y la pelota]

[der_cib1:animación ciborg hacia la derecha marcando hombros]

En el lanzamiento hacia tu derecha, la rotación de los hombros es mayor, la aproximación de los hombros desde tu punto de vista es mayor que en el lanzamiento hacia tu izquierda

[izq_cib1: animación ciborg hacia la izquierda marcando hombros]

(pausa) en la que la que hay menos rotación de los hombros.

Además de este dato hemos dicho que la posición de la pelota era distinta.

[der_cib2:animación ciborg hacia la derecha marcando pelota]

En el lanzamiento hacia tu derecha golpea más a la derecha sobre su cabeza (pausa) mientras que cuando golpea hacia tu izquierda

[izq_cib2:animación ciborg hacia la izquierda marcando pelota]

golpea más
por encima de su cabeza o incluso ligeramente a la izquierda. (pausa)

Ahora lo podrás ver en imágenes reales:

[derechal:animación real
hacia la derecha con marca final en hombros y pelota]

menor rotación de los hombros y posición de la
pelota a este lado. Lanzamiento a tu derecha. Frente al lanzamiento hacia
tu izquierda

[izquierl:animación real hacia la
izquierda con marca final en hombros y pelota]

donde la rotación
de los hombros y la posición de la pelota varía.

Observa de nuevo

Lanza hacia tu derecha.

[derechal:animación real hacia la derecha
parando al golpear]

Lanza hacia tu izquierda

[izquierl:animación real hacia la izquierda
parando al golpear]

Y el tercer punto a observar es previo al golpeo. La trayectoria final
ascendente de la raqueta.

En el lanzamiento hacia tu derecha

[der_cib1:animación ciborg
hacia la derecha parando raqueta]

la raqueta asciende por detrás
del tronco y cabeza.

Aquí ves trazada la trayectoria del extremo de la raqueta.

[der_cib1:animación ciborg hacia la derecha trayectoria raqueta]

observa por donde sube la raqueta.

En la situación real...

[derechal:animación real hacia la derecha parando
raqueta]

En el lanzamiento hacia tu izquierda

[izq_cib1:animación ciborg
hacia la izquierda parando raqueta]

la raqueta asciende por un
lado, permaneciendo visible.

Aquí ves trazada la trayectoria del extremo de la raqueta.

[izq_cibl:animación ciborg hacia la izquierda parando raqueta]
observa por donde sube la raqueta en esta ocasión.

En la situación real...

[izquierdl:animación real hacia la izquierda
parando raqueta]

Y ahora un poco mas rapido.

Lanzamiento hacia la derecha.

[derechal:animación real hacia la

derecha parando al final]

Y lanzamiento a la izquierda.

[izquierdl:animación real hacia la

izquierda parando al final]

ANEXO 3: HOJA DE DATOS DEL DEPORTISTA

Datos del atleta:

NOMBRE: _____

APELLIDOS: _____

EDAD: _____

Peso aprox: _____

Talla: _____

POSICIÓN EN EL RANKING: _____

SEXO: _____

DIESTRO/ZURDO: _____

NUMERO DE ORDEN:
