



Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

Departamento de Educación Física y Deportes.

Programa de doctorado (122A)

*TESIS DOCTORAL*

*“ANÁLISIS DE LA DISTANCIA RECORRIDA Y  
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN PÁDEL”*

Autor:

**Jesus Ramón-Llin Más**

Directores:

José Francisco Guzmán Luján

Salvador Llana Belloch

Goran Vučković

Valencia, Abril de 2013



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Valoración personal .....	3
1.2-Estructura de contenidos de cada apartado .....	5
1.2.1.Capitulo 2: Marco teórico general. ....	5
1.2.2. Marco teórico específico .....	6
1.2.3. Objetivos e hipótesis .....	6
1.2.4. Método .....	6
1.2.5. Resultados .....	6
1.2.6. Discusión .....	7
1.2.7. Conclusiones .....	7
1.2.8. Referencias .....	7
1.2.9. Anexos .....	7
1.3. Justificación de la tesis.....	7
2. MARCO TEÓRICO GENERAL .....	13
2.1. El pádel.....	13
2.1.1. Introducción.....	13
2.1.2. Reglas básicas del pádel. ....	15
2.1.3. Las claves del éxito del pádel. ....	20
2.1.4. Investigación científica en pádel. ....	21
2.2. Análisis de rendimiento deportivo .....	22
2.2.1. El análisis de rendimiento para mejorar el feedback.....	22

2.2.2. El concepto de “análisis de rendimiento” deportivo. ....	25
2.2.3. El análisis notacional.....	27
3. MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO .....	49
3.1. El análisis de movimiento. ....	49
3.1.1. Introducción.....	49
3.1.2. Métodos empleados para el estudio de análisis de movimiento.....	50
3.1.3. Validez de los sistemas de rastreo automáticos .....	56
3.1.4. Sistemas de rastreo automático o semiautomático existentes. ....	59
3.2. Estudios relativos a los objetivos de la tesis.....	65
3.2.1. Estudios que cuantifican la carga física de competición.....	65
3.2.2. Estudios que comparan niveles de rendimiento deportivo .....	78
3.2.3. Estudios que comparan la carga física entre ganadores y perdedores.....	80
3.2.4. Estudios que comparan la carga física en función del rol o la posición del jugador en el campo.....	82
4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	89
4.1. Objetivos .....	89
4.2. Hipótesis.....	92
5. MÉTODO.....	99
5.1. Muestra .....	99
5.2. Instrumentos.....	100
5.3. Diseño. ....	105
5.4. Variables analizadas.....	105
5.5. Relación de las variables y los objetivos específicos .....	107

5.6. Procedimiento.....	110
5.7. Análisis estadístico .....	113
6. RESULTADOS .....	117
6.1. Resultados relativos al objetivo general 1 (Cuantificar la magnitud de carga física de competición en pádel) .....	117
6.1.1. Resultados relativos al objetivo específico 1.1. (Cuantificar el volumen de carga, a través de la distancia recorrida por cada jugador por partido en tiempo total) .....	117
6.1.2. Resultados relativos al objetivo específico 1.2. (Cuantificar el volumen de carga a través de la distancia recorrida, por cada jugador, en cada unidad de juego, en tiempo activo) .....	118
6.1.3. Resultados relativos al objetivo específico 1.3. (Determinar la correlación existente entre la distancia recorrida por partido, el tiempo de partido y el nº de puntos disputados, en cada fase de juego).....	119
6.1.4. Resultados relativos al objetivo específico 1.4. (Cuantificar la intensidad de carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en cada fase de juego) .....	120
6.1.5. Resultados relativos al objetivo 1.5. (Cuantificar la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido).....	121
6.1.6. Resultados relativos al objetivo 1.6. (Comparar la carga física en pádel con otros deportes) .....	122
6.2. Resultados relativos al objetivo general 2 (Analizar la magnitud de carga física entre 3 niveles de juego) .....	125
6.2.1. Resultados relativos al objetivo específico 2.1. (Comparar la distancia recorrida en tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento).....	126
6.2.2. Resultados relativos al objetivo específico 2.2. (Comparar la velocidad media de desplazamiento en el tiempo activo de juego, de cada jugador por partido, entre 3 niveles de rendimiento) .....	128

6.2.3. Resultados relativos al objetivo específico 2.3. (Comparar la densidad de carga, a través del ratio tiempo activo: tiempo pasivo de cada partido según niveles).....	129
6.3. Resultados relativos al objetivo general 3 (analizar las diferencias de volumen de carga física realizado entre ganadores y perdedores) .....	132
6.3.1. Resultados relativos al objetivo específico 3.1. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada partido) .....	133
6.3.2. Resultados relativos al objetivo específico 3.2. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto) .....	133
6.3.3. Resultados relativos al objetivo específico 3.3. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de disputa del partido) .....	134
6.3.4. Resultados relativos al objetivo específico 3.4. (Comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de rendimiento).....	136
6.4. Resultados relativos al objetivo general 4 (analizar las diferencias de volumen de carga física en función del rol del jugador y de la posición en la pista).....	139
6.4.1. Resultados relativos al objetivo específico (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto),..	139
6.4.2. Resultados relativos al objetivo específico 4.2. (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento) .....	142
6.4.3. Resultados relativos al objetivo específico 4.2. (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto).....	147

6.4.4. Resultados relativos al objetivo específico 4.4. (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable mano dominante) .....	148
6.4.5. Resultados relativos al objetivo específico 4.5. (Comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento) .....	150
7. DISCUSIÓN.....	155
7.1. Discusión relativa al objetivo general 1 (cuantificar la magnitud de carga física de competición en pádel). .....	155
7.1.1. Discusión relativa al objetivo específico 1.1. (cuantificar la distancia recorrida de cada jugador por partido en cada fase de juego.).....	155
7.1.2. Discusión relativa al objetivo específico 1.2. (cuantificar el volumen de carga a través de la distancia recorrida, por cada jugador, en cada unidad de juego, en tiempo activo).....	155
7.1.3. Discusión relativa al objetivo específico 1.3. (determinar la correlación existente entre la distancia recorrida por partido, el tiempo de partido y el nº de puntos disputados, en cada fase de juego).....	157
7.1.4. Discusión relativa al objetivo específico 1.4. (cuantificar la intensidad de carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en cada fase de juego) .....	157
7.1.5. Discusión relativa al objetivo específico 1.5. (cuantificar la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido).....	158
7.1.6. Discusión relativa al objetivo específico 1.6. (comparar la carga física de pádel con otros deportes) .....	159
7.2. Discusión relativa al objetivo general 2 (analizar la magnitud de carga física en 3 niveles de pádel) .....	161
7.2.1. Discusión relativa al objetivo específico 2.1. (comparar la distancia recorrida en tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento).....	161

7.2.2. Discusión relativa al objetivo específico 2.2. (comparar la velocidad media de desplazamiento tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento) .....	162
7.2.3. Discusión relativa al objetivo específico 2.3. (comparar la densidad de carga de cada partido según niveles) .....	162
7.3. Discusión relativa al objetivo general 3 (analizar las diferencias de volumen de carga física realizado entre ganadores y perdedores) .....	1644
7.3.1. Discusión relativa al objetivo específico 3.1. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada partido)...	164
7.3.2. Discusión relativa al objetivo específico 3.2. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto).....	164
7.3.3. Discusión relativa al objetivo específico 3.3. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de disputa del partido) .....	165
7.3.4.-Discusión relativa al objetivo específico 3.4. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de rendimiento).....	166
7.4. Discusión relativa con el objetivo general 4 (analizar las diferencias de volumen de carga física en función del rol del jugador y de la posición en la pista).....	168
7.4.1. Discusión relativa con el objetivo específico 4.1 (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto).....	168
7.4.2. Discusión relativa al objetivo específico 4.2. (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento).....	170
7.4.3. Discusión relativa al objetivo específico 4.3.(comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto). .....	171

7.4.4. Discusión relativa al objetivo específico 4.4. (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable mano dominante) .....	172
7.4.5. Discusión relativa al objetivo específico 4.5. (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento).....	174
8. CONCLUSIONES.....	178
8.1. Conclusiones relativas al objetivo general 1. ....	178
8.2. Conclusiones relativas al objetivo general 2. ....	179
8.3. Conclusiones relativas al objetivo general 3.....	180
8.4. Conclusiones relativas al objetivo general 4. ....	181
9. REFERENCIAS.....	1865
10. ANEXOS.....	213

# ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Evolución de los clubes en el periodo 1986-2010.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Evolución de las licencias en el periodo 1986-2010.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3. La pista de pádel.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4. La pelota .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5. Diferentes palas de pádel.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6. Esquema del proceso de entrenamiento (Franks et al. 1983).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Proceso de segmentación de los jugadores.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 8. Imágenes de los 2 lados de la pista desde las cámaras de video.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 9. Módulo de calibración.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 10. Módulo de rastreo.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 11. Módulo de anotación.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 12. Módulo de presentación.....</i>	<i>104</i>

# ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> <i>Algunos estudios de análisis notacional táctico en tenis, squash y pádel.....</i>	33
<b>Cuadro 2.</b> <i>Estudios de análisis notacional técnico en deportes de raqueta.....</i>	38
<b>Cuadro 3.</b> <i>Estudios de análisis notacional de modelado en tenis y squash.....</i>	41
<b>Cuadro 4.</b> <i>Estudios de análisis notacional de movimiento en deportes de raqueta.....</i>	45
<b>Cuadro 5.</b> <i>VARIABLES estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 1.....</i>	108
<b>Cuadro 6.</b> <i>VARIABLES estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 2.....</i>	109
<b>Cuadro 7.</b> <i>VARIABLES estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 3.....</i>	109
<b>Cuadro 8.</b> <i>VARIABLES estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 4.....</i>	109

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estadísticos descriptivos de distancia de cada jugador por partido, en las diferentes fases de juego.....	118
<b>Tabla 2.</b> Estadísticos descriptivos de distancia de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo.....	119
<b>Tabla 3.</b> Prueba de normalidad (K-S) de las variables a comparar.....	119
<b>Tabla 4.</b> Correlaciones bivariadas de Spearman entre las variables de análisis del objetivo 1.3.....	120
<b>Tabla 5.</b> Estadísticos descriptivos del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en las diferentes fases de juego.....	121
<b>Tabla 6.</b> Estadísticos descriptivos del tiempo de duración de partido, sus diferentes fases y relación tiempo activo/tiempo pasivo.....	122
<b>Tabla 7.</b> Comparativa de distancia recorrida en diferentes deportes.....	122
<b>Tabla 8.</b> Comparativa de promedio de velocidad de desplazamiento en diferentes deportes.....	123
<b>Tabla 9.</b> Comparativa de duración del partido en diferentes deportes.....	124
<b>Tabla 10.</b> Prueba K-S normalidad.....	125
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis para comparar la distancia recorrida entre los grupos de nivel.....	126
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis para comparar el promedio de velocidad entre los grupos de nivel.....	128
<b>Tabla 13.</b> Resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis para comparar el ratio tiempo activo: tiempo pasivo entre los grupos de nivel.....	130

<b>Tabla 14.</b> <i>Pruebas de normalidad para las muestras a comparar en los objetivos 3.1 y 3.2.....</i>	132
<b>Tabla 15.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida en función del resultado de cada jugador por partido.....</i>	133
<b>Tabla 16.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida en función del resultado de cada jugador por punto.....</i>	137
<b>Tabla 17.</b> <i>Pruebas de normalidad en función del resultado, clasificadas por el nivel de disputa.....</i>	135
<b>Tabla 18.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función del resultado de cada jugador por punto, controlando el nivel de disputa del partido.....</i>	136
<b>Tabla 19.</b> <i>Pruebas de normalidad en función del resultado clasificadas por el nivel de rendimiento.....</i>	137
<b>Tabla 20.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función del resultado de cada jugador por punto, controlando el nivel de rendimiento.....</i>	137
<b>Tabla 21.</b> <i>Pruebas de normalidad en función de los 4 roles diferentes en pádel.....</i>	139
<b>Tabla 22.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la prueba Friedman en los 4 roles en pádel.....</i>	140
<b>Tabla 23.</b> <i>Pueba Wilcoxon comparando muestras relacionadas por pares.....</i>	141
<b>Tabla X24.</b> <i>Frecuencias y porcentajes.....</i>	141
<b>Tabla 25.</b> <i>Pruebas de normalidad en función de los 4 roles diferentes en pádel.....</i>	143

<b>Tabla 26.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la prueba Friedman en los 4 roles en pádel en nivel.....</i>	144
<b>Tabla 27.</b> <i>Pueba Wilcoxon comparando muestras relacionadas por pares.....</i>	145
<b>Tabla 28.</b> <i>Frecuencias de las comparativas de distancia por punto en función del rol, según el nivel de rendimiento.....</i>	145
<b>Tabla 29.</b> <i>Prueba K-S normalidad en función del resultado del punto.....</i>	147
<b>Tabla 30.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto en función de la posición de cada jugador.....</i>	148
<b>Tabla 31.</b> <i>Pruebas de normalidad en función del resultado, clasificadas por el nivel de disputa.....</i>	149
<b>Tabla 32.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función de la posición de cada jugador por punto, controlando la mano dominante del jugador en la derecha.....</i>	150
<b>Tabla 33.</b> <i>Pruebas de normalidad en función de la posición de juego clasificadas por el nivel de rendimiento.....</i>	150
<b>Tabla 34.</b> <i>Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función de la posición del jugador, controlando el nivel de rendimiento.....</i>	151

# ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> <i>Características de la muestra de los partidos.....</i>	100
<b>Gráfica 2.</b> <i>Mediana de distancia recorrida en el tiempo activo en los 3 diferentes niveles.....</i>	127
<b>Gráfica 3.</b> <i>Mediana del promedio de velocidad de desplazamiento en el tiempo activo en los 3 diferentes niveles.....</i>	129
<b>Gráfica 4.</b> <i>Mediana del ratio tiempo activo: tiempo pasivo en los 3 diferentes niveles.....</i>	131
<b>Gráfica 5.</b> <i>Medianas de distancia recorrida por punto (m), en función del rol del jugador.....</i>	142
<b>Gráfica 6.</b> <i>Medianas de distancia recorrida por punto, en función del rol del jugador en nivel alto.....</i>	146
<b>Gráfica 7.</b> <i>Medianas de distancia recorrida por punto (m), en función del rol del jugador en nivel medio.....</i>	146
<b>Gráfica 8.</b> <i>Medianas de distancia recorrida por punto (m), en función del rol del jugador en nivel bajo.....</i>	147
<b>Gráfica 9.</b> <i>Medianas de distancia recorrida por punto, en función de la posición del jugador del jugador según el nivel de rendimiento.....</i>	152

## AGRADECIMIENTOS

“Es de bien nacido ser agradecido” dice el refrán. Así que quiero agradecer en primer lugar a mis padres su máximo apoyo a mi formación, y más todavía su ejemplo a través de su motivación de aprender cada día más. También a mis hermanos, que de pequeños me inculcaron un ejemplo de responsabilidad académica, y especialmente a mi tío Rafa que durante muchos años fue mi tutor académico y en mi vida.

Agradecimientos también a mis tutores, a Salva por confiar en mí para mi primer proyecto, a José por su máximo apoyo en los diferentes proyectos que llevamos, y por permitirme investigar y trabajar en lo que más me gusta, y a Goran por su gran hospitalidad en Eslovenia. Siempre les estaré agradecido por la calidad humana mostrada en muchas ocasiones.

También agradezco especialmente a mí mujer, porque ha sido mi compañera de fatigas a lo largo de todo el proyecto, ayudándome mucho en las diferentes fases de la tesis.

Finalmente, a Fran, por permitirme realizar las grabaciones en sus instalaciones, a Alberto por su incondicional ayuda en la instalación de las cámaras, y por supuesto, también a todos aquellos jugadores que me ayudaron y me permitieron filmarles.

# **CAPÍTULO 1**

---

## **INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Valoración personal

El presente trabajo se realizó con el objetivo de beneficiar a los entrenadores de pádel de cara a la planificación y desarrollo de sus sesiones de entrenamiento, las cuales deben ajustarse a las demandas específicas de la competición. De esta forma hemos dedicado el tercer subapartado de la introducción a justificar la necesidad de realizar este proyecto, así como los beneficios explícitos que conlleva el conocimiento de estos nuevos resultados.

Si bien inicialmente se pretendía analizar la distancia que recorrían los jugadores comparando 3 niveles de juego a partir de una muestra de 15 partidos, derivó luego a un mínimo de 9 partidos por categoría, dado que el tiempo de análisis requerido para cada partido era cuantioso, y más teniendo en cuenta que se debía realizar en Ljubljana (Eslovenia), pues allí estaba el programa de rastreo que empleamos. Durante este proyecto atravesamos muchos problemas técnicos, como los originados a partir de las cámaras de video y otros logísticos, especialmente el tener que viajar a la Facultad de deportes de Ljubljana en diversas ocasiones, lo cual ralentizó considerablemente el desarrollo de esta tesis. Sin embargo, me considero una persona optimista y de cada problema aprendía algo nuevo de forma que mi motivación y mi entusiasmo no se mermaron.

Como ya he dicho, la motivación para desarrollar una tesis creo que es la clave para poder desarrollarla adecuadamente. Teniendo en cuenta que mi deporte para practicar favorito es el pádel, que además trabajo como entrenador de pádel y en la formación de entrenadores, y que uno de mis temas

de conversación favoritos es el pádel, no se me ocurre ninguna otra tesis que me pudiese motivar más que esta. Cuando me comparo a mí mismo antes y después de realizar la tesis me alegra ver que he aprendido en diversos aspectos. Así, por ejemplo, mis conocimientos sobre el deporte han aumentado considerablemente, no sólo debido a los análisis de los resultados de esta tesis, sino también a todo el tiempo de reflexión que he dedicado a este deporte a lo largo del proceso. También ha mejorado mi nivel de inglés, que aunque sigue siendo muy malo, es suficiente para poder leer un artículo con soltura. Mi conocimiento sobre el funcionamiento de las cámaras de videos es mucho mayor, si bien es cierto que antes de la tesis no tenía apenas idea, ahora se trabajar con cámaras digitales y analógicas. También me he vuelto mucho más competente en el manejo en Excel de bases de datos y he ganado soltura a la hora de realizar análisis estadísticos en SPSS. Además, gracias a este trabajo he conocido a otras personas interesantes cuando he ido a congresos y también ha subido mi estatus como entrenador en el mundo del pádel en que trabajo.

Otro aspecto importante ha sido el poder trabajar al lado de mis tres tutores. Si bien opino que el tener tres tutores que hablan diferentes idiomas, y están en diferentes países dificulta la comunicación y coordinación de ideas, he aprendido mucho de ellos, no sólo en el ámbito de la investigación, de manera que se compensan los perjuicios con creces. Así pues, después de esta pequeña valoración personal paso a explicar y justificar la estructura que he seguido en el desarrollo de la tesis.

## **1.2. Estructura de contenidos de cada apartado.**

### ***1.2.1. Capítulo 2: Marco teórico general.***

El marco teórico de este trabajo se ha desarrollado en dos apartados diferentes, uno general y otro específico. En el apartado general, en primer lugar se pretende dar a conocer la expansión del pádel, así como las características de juego que permiten una mayor comprensión del deporte tratado. Tras este primer punto, en el segundo busco posicionar el estudio dentro de su contexto global. Así que yendo de mayor a menor concreción, la presente tesis se ubicaría dentro de los estudios de análisis de movimiento, los cuales forman parte de los estudios de análisis notacional, siendo éste último una de los tres grandes campos que abarca el análisis de rendimiento.

Por tanto, en el segundo subapartado del marco general, se explica qué es, en qué consiste y las áreas que estudia el análisis de rendimiento. A continuación se realiza este mismo desarrollo sobre el análisis notacional, describiendo las variables analizadas en cada uno de los diferentes temas tratados, entre ellos el análisis de movimiento. En esta parte del análisis de movimiento se citan los diferentes estudios en deportes de raqueta y las variables que se han analizado, sin llegar a explicar los resultados obtenidos. Estos resultados se exponen de forma más específica en el apartado 3.2. *Estudios relativos a los objetivos de la tesis.*

### **1.2.2. Marco teórico específico.**

El marco teórico específico consta de dos apartados. El primero aborda el concepto de análisis de movimiento, explicando sus orígenes y aplicaciones, así como la diferente metodología empleada en los estudios.

En segundo lugar se desarrolla un apartado cuyos contenidos siguen el orden y tratan de forma específica el estado actual de la investigación para cada uno de los objetivos específicos de esta tesis.

### **1.2.3. Objetivos e hipótesis.**

Primero se explican cada objetivo general y los objetivos específicos de la tesis. En segundo lugar se plantea una hipótesis para cada uno de los objetivos específicos previamente planteados.

### **1.2.4. Método.**

El apartado de metodología sigue el siguiente orden; En primer lugar se habla de la muestra que utilizamos en el estudio, luego de los instrumentos empleados, seguido del diseño de la investigación. También hemos creado un apartado donde explicamos las variables analizadas, y otro donde se explican cuáles de éstas se han tratado en cada uno de los objetivos específicos. Los tres últimos subapartados explican el procedimiento realizado, el tratamiento de los datos y los diferentes análisis estadísticos que se realizaron.

### **1.2.5. Resultados.**

Los resultados se exponen con referencia a cada uno de los objetivos específicos de la tesis.

### **1.2.6. *Discusión.***

La discusión se expone con referencia a cada uno de los objetivos específicos de la tesis.

### **1.2.7. *Conclusiones.***

Las conclusiones se exponen con referencia a cada uno de los objetivos generales de la tesis.

### **1.2.8. *Referencias.***

En este apartado se exponen todas las referencias citadas en el texto.

### **1.2.9. *Anexos.***

En el último apartado se exponen los anexos a los que hacemos referencia a lo largo del texto.

## **1.3. *Justificación de la tesis.***

En este apartado pretendemos responder a varias preguntas que justifican esta tesis. La primera de ellas es ¿por qué hemos escogido el pádel como deporte a analizar? Como veremos en el marco teórico general, el pádel ha progresado mucho en diversos ámbitos. En el aspecto competitivo, en el año 2013, el circuito de pádel mundial “*world pádel tour*” disputará algunas de sus 19 pruebas en nuevos países como Portugal, Alemania y Francia, además de España y Argentina. Los premios en categoría masculina han ascendido hasta 75.000 euros por prueba. Pero el mayor desarrollo del pádel ha sido en el ámbito recreativo donde se ha convertido en el segundo deporte más

practicado en España después del fútbol (Ciria, González, Ramos y Millán., 2013). Sin embargo pese a su relevancia social las investigaciones publicadas que encontramos en nuestra revisión no exceden de 20, entre artículos y libros. En nuestra revisión no hemos encontrado ningún artículo o libro que indique datos relacionados con los objetivos específicos de esta tesis, a excepción de alguna comparativa entre ganadores y perdedores, y jugadores de derecha y de revés, donde Almonacid (2013) comparó resultados entre sets y sin embargo, su tesis se centró únicamente en el tipo de golpes.

Los resultados de este trabajo van a ayudar directamente a la mejora de la planificación de las sesiones de entrenamiento que plantean los entrenadores de pádel. A continuación describiremos detalladamente los nuevos aportes con respecto a cada uno de los objetivos de esta tesis.

Con respecto al primer objetivo de la tesis, relativo a la cuantificación de la carga física de competición en el pádel, el conocimiento de ésta va a ayudar a la planificación deportiva de los entrenadores, al menos en dos aspectos, estando ambos ligados a los principios del entrenamiento deportivo; El entrenamiento deportivo consta de una serie de principios o normas, que permiten que la carga de entrenamiento que se le aplica al deportista produzca en éste una adaptación basada en el principio de supercompensación, de forma que el deportista vea incrementado su rendimiento después de una recuperación adecuada (Grosser, Starischka y Zimmemann, 1988).

Uno de estos principios del entrenamiento, el de “especificidad de la carga de entrenamiento” (Grosser et al., 1988), se basa en que el entrenador debe aplicar al deportista entrenamientos que se parezcan lo más posible a las condiciones “específicas” de la competición, para así poder producir una mejor

adaptación. Para poder aplicar correctamente este principio es imprescindible conocer qué tipo de esfuerzos realiza el deportista durante la competición para, a partir de ellos, diseñar programas de entrenamiento que produzcan una mejora en el rendimiento del deportista (Barris y Button, 2008). O'Donogue (2010) indicó que el conocimiento del perfil o patrón de movimientos en un deporte permite desarrollar mejores programas y ejercicios de entrenamiento. Así, por ejemplo, Gasston y Simpson (2004) desarrollaron ejercicios específicos en netball basándose en el análisis de movimiento que realizan los jugadores.

Por tanto, el primer beneficio del conocimiento de la distancia recorrida por los jugadores, la velocidad media de desplazamiento y la relación tiempo de trabajo y descanso, consiste en proporcionar al entrenador una cantidad de trabajo en cuanto al volumen de carga a través de la distancia recorrida, en cuanto a la intensidad a través de la velocidad media de desplazamiento, y en cuanto a la densidad de carga a través de la relación, duración y frecuencia de los periodos de trabajo: descanso.

El segundo beneficio va asociado también a la supercompensación. Ésta es entendida como el proceso por el cual un deportista supera sus valores iniciales de rendimiento, tras un entrenamiento adecuado y una recuperación suficiente de éste. El tiempo de recuperación necesario va en función del tipo y magnitud de carga que se aplica al deportista. El conocimiento de la magnitud de carga física, a través de la distancia, velocidad y la relación trabajo: descanso, orientará al entrenador para dejar una mayor o menor recuperación a su deportista.

Los dos siguientes beneficios vienen ligados al segundo objetivo de la tesis, relativo al análisis de las diferencias entre niveles de rendimiento. Por un

lado permitirá a los entrenadores conocer de una forma más exacta la carga física que realizan sus pupilos en función del nivel en que se encuentren, y por otro determinará en qué parámetros hay diferencias, si es que existen, entre los diferentes niveles, y en qué medida se dan estas diferencias.

Otro beneficio de este estudio vendrá por parte del tercer objetivo de esta tesis, que apunta a la comparativa entre ganadores y perdedores. Como veremos en el marco específico, son diversos los estudios que han comparado la distancia cubierta por éstos, puesto que este conocimiento puede ayudar a establecer cuáles son las claves que marcan el éxito o fracaso en cada nivel de rendimiento.

Finalmente, respecto al cuarto y último objetivo de esta tesis, en el marco específico veremos un apartado que presenta numerosos estudios que comparan como varía la carga física en función de la posición del jugador en el equipo o su rol de atacante o defensor. Estos resultados indicarán a los entrenadores, de una forma más específica, la demanda específica para cada posición o rol de los jugadores de pádel, y permitirá ajustar de forma más específica el entrenamiento a la competición.

## **CAPÍTULO 3**

---

### **MARCO TEÓRICO GENERAL**



## 2. MARCO TEÓRICO GENERAL.

En este marco teórico general veremos 2 grandes apartados. El primero trata de contextualizar al pádel como deporte, y el segundo nos ubica la tesis dentro del área del análisis de rendimiento deportivo.

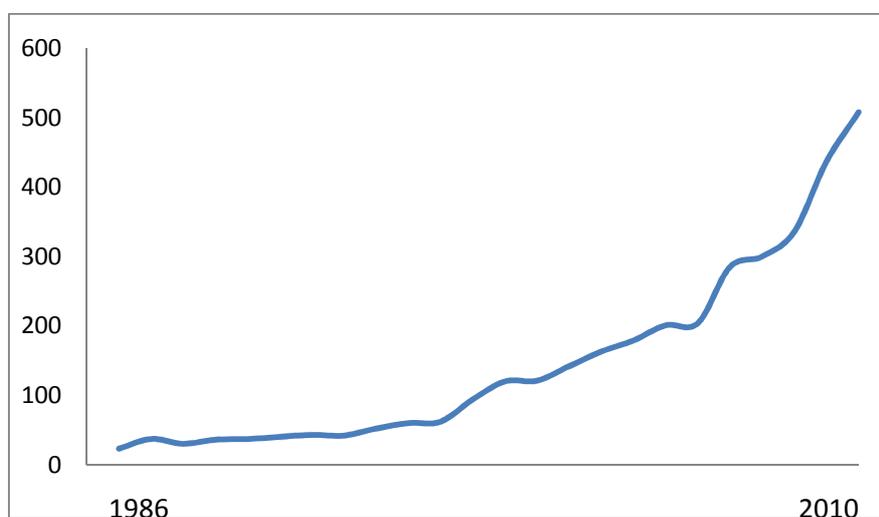
### 2.1. El pádel.

#### 2.1.1. *Introducción.*

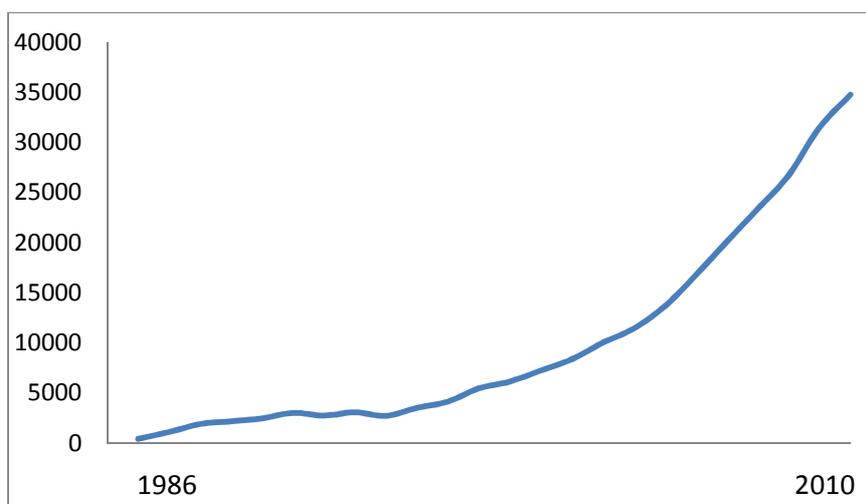
La Real Academia Española define el pádel como un “juego de pelota entre 4 paredes, en el que aquella se golpea con una pala de mango corto”. El pádel es un deporte joven que presenta algunas características muy similares al tenis (deporte de raqueta por excelencia) en muchos aspectos del reglamento, de la técnica y de la táctica, pero con unas diferencias que le confieren singularidad propia. Las fundamentales son que la cancha es más pequeña (de 20 x 10 m), que las paredes forman parte del juego (puede haber rebote en ellas) y que se utiliza una pala para golpear la pelota (de hecho, el término inglés que designa al juego “paddle”, significa “pala”). Hoy en día “pádel” es un término aceptado para todos los idiomas. Más abajo podemos ver un apartado que trata las reglas básicas.

El pádel nació en México en 1969 gracias a Enrique Corcuera, y una década después fue introducido en España por Alfonso de Hohenlohen. Pese a su poco tiempo de desarrollo, el pádel se ha popularizado mucho en Argentina, y en España en los últimos años, como así afirman de Hoyo, Sañudo y Carrasco (2007) y Luna y Arazuri (2008). Este creciente interés social por este deporte se puede comprobar atendiendo al incremento de instalaciones y del número de licencias, que en los primeros años fue paulatino, pero en los últimos años se ha

“disparado” (García y García, 2010). Así, el aumento del número de los clubes afiliados y de licencias federativas de cada año, lo podemos observar en las figuras 1 y 2 elaboradas a partir de los datos facilitados por el Consejo Superior de Deportes. Como podemos observar, el número de clubes se ha cuadruplicado y el número de licencias quintuplicado en los últimos años.



*Figura 1. Evolución de los clubes en el periodo 1986-2010.*



*Figura 2. Evolución de las licencias en el periodo 1986-2010.*

Hay que destacar la gran importancia de nuestro país en este deporte. La Federación Internacional de Pádel (F.I.P) se creó en Madrid en 1991, y el circuito de torneos de Pádel Pro Tour, donde juegan los más famosos y mejores jugadores del mundo, se juega íntegramente en España, que es también dónde reside la sede de esta asociación. Además, como ya mencionamos en el apartado de justificación de esta tesis, el pádel se ha convertido en el segundo deporte más practicado por los españoles después del fútbol (Ciria et al., 2012). Sin embargo, y a pesar de la gran relevancia que está adquiriendo este deporte, la investigación sobre el mismo es muy escasa.

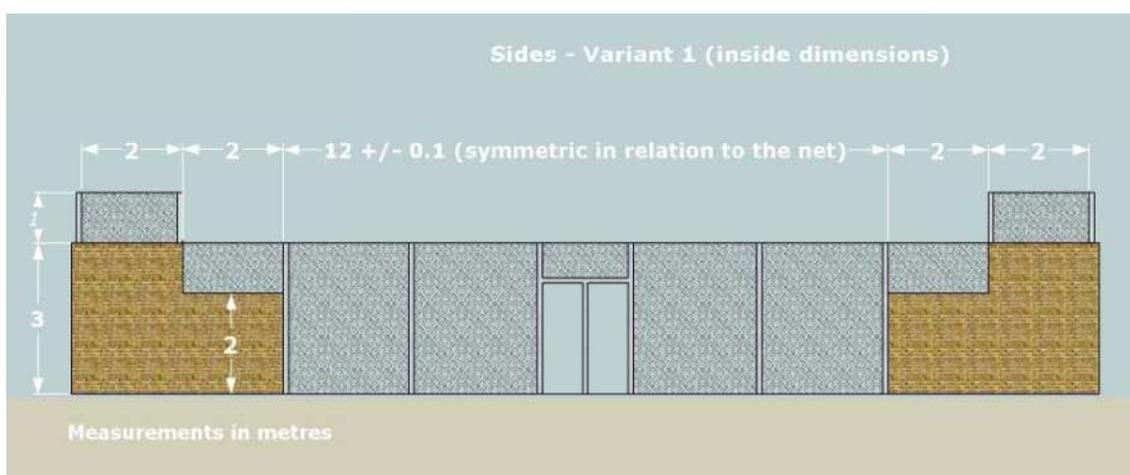
### **2.1.2. Reglas básicas del pádel.**

El pádel es un deporte en el que se compite siempre por parejas. Por tanto, forma parte de los deportes de colaboración-oposición (de equipo) y de cancha dividida. El marcador funciona exactamente igual que en el tenis.

#### **2.1.2.1. La pista.**

El área de juego es un rectángulo de 10 m de ancho por 20 m de largo (medidas interiores) con una tolerancia de 0,5%. Este rectángulo está dividido en su mitad por una red. A ambos lados de ella, paralelas a la misma y a una distancia de 6,95 m están las líneas de servicio. El área entre la red y las líneas de servicio está dividida en su mitad por una línea perpendicular a estas, llamada línea central de saque, que divide esta área en dos zonas iguales. La línea central de saque se prolongará 20 cm más allá de la línea de servicio. Las dos mitades del campo deben ser absolutamente simétricas en lo que se refiere

a superficies y trazado de líneas. Todas las líneas tienen un ancho de 5 cm.



*Figura 3. La pista de pádel*

### **2.1.2.2. La pelota.**

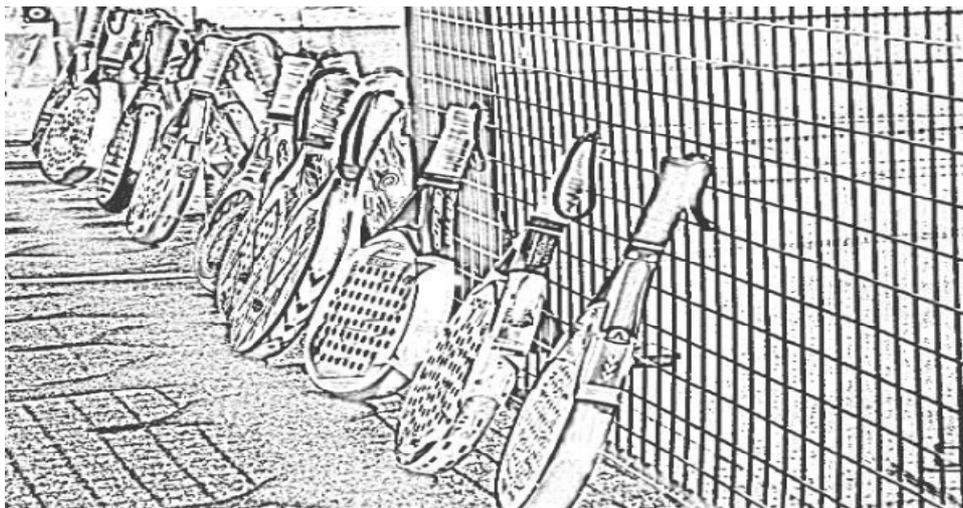
La pelota deberá ser una esfera de goma con una superficie exterior uniforme de color blanco o amarillo. Su diámetro debe medir entre 6,35 y 6,77 cm y su peso estará entre 56,0 y 59,4 g. Deberá tener un rebote comprendido entre 135 y 145 cm al dejarla caer sobre una superficie dura desde 2,54 m.



*Figura 4. La pelota.*

### **2.1.2.3. La pala.**

Se jugará con la pala reglamentaria de pádel, según homologación de la FIP. La pala se compone de dos partes: cabeza y puño. Puño: largo máximo: 20 cm, ancho máximo: 50 mm, grosor máximo: 50 mm. Cabeza: largo: variable. El largo de la cabeza más el largo del puño no puede exceder de 45,5 cm, ancho máximo: 26 cm, grosor máximo: 38 mm. El largo del total de la pala, cabeza más puño, no podrá exceder de 45,5 cm.



*Figura 5. Diferentes palas de pádel*

En pádel pierdes el punto en los siguientes casos:

a) Si un jugador de la pareja, su pala o cualquier objeto que lleve consigo, toca alguna parte de la red, incluidos los postes, o el terreno de la parte del campo contrario, incluida la malla metálica, mientras la pelota esté en juego

b) Si la pelota bota por segunda vez en su campo antes de ser devuelta.

c) Cuando la pelota, después de botar en el campo propio correctamente, salga por encima de los límites superiores (perímetro exterior) de la pista (fondo y lateral) o por la puerta.

Si hay juego autorizado fuera de la pista. Cuando la pelota, después de botar en el campo propio correctamente, salga por encima de la pared del fondo de la pista. Si saliera por encima de la pared lateral o por la puerta se pierde el tanto cuando bote en el suelo por segunda vez o toque un elemento externo ajeno a la pista.

d) Si devuelve la pelota antes de que ésta haya sobrepasado la red.

e) Si un jugador devuelve la pelota, bien directamente o golpeando primero en las paredes de su campo de tal forma que, sin botar previamente, golpee cualquiera de las paredes del campo contrario, la malla metálica o algún objeto ajeno a la pista que no esté situado sobre el suelo del campo contrario.

f) Si un jugador devuelve la pelota, bien directamente o golpeando primero en las paredes de su campo de tal forma que pegue en la red o en sus postes y después, directamente en cualquiera de las paredes del campo contrario, o en la malla metálica o en algún objeto ajeno a la pista que no esté situado sobre el suelo del campo contrario.

g) Si un jugador golpea dos veces seguidas la pelota (doble toque).

h) Si después de golpear la pelota uno de los miembros de la pareja ésta toca al propio jugador, a su compañero o a cualquier objeto que lleven consigo.

i) Si la pelota impacta en cualquiera de los componentes de la pareja o de su equipación, excepto la pala, después de haber sido golpeada por uno de los jugadores contrarios.

j) Si un jugador golpea la pelota y esta toca alguna de las mallas metálicas o terreno de su propio campo o en algún objeto ajeno a la pista que este situado sobre el suelo del campo propio.

k) Si toca la pelota, lanzando contra ella la pala.

l) Si salta por encima de la red mientras el punto está en juego.

m) Al devolver la pelota sólo un jugador podrá golpearla. Si ambos jugadores de la pareja, ya sea simultáneamente o consecutivamente golpean la pelota, perderán el punto.

NOTA: No se considera doble toque cuando dos jugadores intentan golpear la pelota simultáneamente pero sólo uno la golpea y el otro golpea la pala de su compañero.

n) Si el jugador que golpea la pelota dentro de la pista lo hace con uno o los dos pies fuera del terreno de juego, salvo que esté autorizado el juego fuera de la pista.

o) El jugador comete falta en su segundo saque.

En pádel se gana el punto en las siguientes situaciones:

a) Si la pelota tras botar en el campo contrario, se saliera de la pista por algún hueco o desperfecto de la red metálica o bien se quedara enganchada en ésta.

b) Si la pelota tras botar en el campo contrario, se quedara inmóvil en la superficie horizontal plana de un muro.

### ***2.1.3. Las claves del éxito del pádel.***

Si comparamos el pádel con otros deportes de raqueta, pensamos que son varios los motivos que justifican el auge de este deporte en España en los últimos 10 años. Al compararlo con el squash, se observa que es más moderado en intensidad que éste. El squash es un deporte altamente anaeróbico con una exigencia cardiovascular muy alta, alcanzando según Alvero, Barrera y Mesa, (2006), un valor promedio del 80-84 % de la frecuencia cardiaca máxima. Esta exigencia es menor en pádel, pues la frecuencia cardiaca media se encuentra en torno al 74 % de la frecuencia cardiaca máxima (de Hoyo Lora et al., 2007) y por tanto, el pádel tiene menos riesgos para la salud cardiorrespiratoria de sus practicantes. Con respecto al tenis, el pádel también requiere un esfuerzo cardiorrespiratorio similar (de Hoyo Lora et al., 2007), aunque el aprendizaje del pádel es más rápido y fácil (Almonacid, 2012).

Desde el punto de vista de la gestión, una pista de pádel es más rentable que las de tenis o frontón (García y García 2010) debido a sus dimensiones y a la posibilidad de construirla al aire libre. En resumen, según García y García (2010), el éxito del pádel en España en relación a otros deportes de raqueta puede deberse a que el pádel se percibe (1) más rentable que otros deportes de raqueta; (2) es más fácil de aprender (debido a una raqueta más corta, y a una pelota de menos presión que va más lenta); (3) requiere un menor nivel de

condición física (como también indicaron de Hoyo Lora et al., (2007); (4) y produce menos estrés en el sistema cardiovascular.

#### **2.1.4. Investigación científica en pádel.**

En la última década han comenzado a aparecer algunas publicaciones que tienen como objeto el análisis de las exigencias técnicas (Castellote, 2005; González-Carvajal, 2003, 2006; Moncaut, 2003; Ruiz y Lorenzo, 2008; Almonacid, 2012), tácticas (Castellote, 2005; González-Carvajal, 2003, 2006; Almonacid, 2012), fisiológicas o físicas (Castellote, 2005; De Hoyo, et al., 2007), biomecánicas (García y Ares, 2007) y psicológicas específicas del pádel (Castellote, 2005; González-Carvajal, 2006; Ruiz, 2008; Ruiz y Lorenzo, 2008; Ruiz, Lorenzo, Perdiguero y Díaz, 2006). Además, también se han realizado estudios con entrenadores (Romero, et al., 2008), e incluso en deporte adaptado (Muñoz, 2007).

Ruiz y Lorenzo (2008) analizaron el perfil psicológico de jugadores de pádel de alto rendimiento según el cuestionario de características psicológicas relacionadas con el deporte (CPRD) comparando entre hombres y mujeres, y con jugadores de otros deportes. El análisis factorial del cuestionario CPRD fue fiable en todas las escalas excepto en la escala de habilidad mental. No hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres.

Dos estudios de carácter fisiológico estudiaron las demandas fisiológicas del pádel (De Hoyo et al., 2007; Carrasco, Romero, Sañudo y De Hoyo, 2011). En ambos estudios los autores hicieron una prueba sobre tapiz rodante y otra prueba en competición a jugadores juveniles de primer año (M=16,57; DT= 1,51 años). El primer estudio presentaba resultados relativos a la frecuencia cardiaca (FC) y al consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max). Este último alcanzó cifras

inferiores al 50% del valor máximo obtenido en la prueba sobre tapiz, mientras que la FC media representó, aproximadamente, un 74% de la FC máxima alcanzada en la prueba de laboratorio. El segundo estudio, además de presentar los mismos resultados relativos a la FC y VO<sub>2</sub>, también incluía un análisis del tiempo de juego activo y pasivo (juego y descanso), indicando una relación de 1:0,79, así como un análisis notacional de los diferentes golpes, indicando que en pádel hay un predominio de los golpes directos (golpes en que la pared no entra en juego), especialmente de la volea.

También hay unos pocos estudios que cuantificaron y analizaron variables cinemáticas en pádel (Ramón-Llin y Guzmán, 2012; Ramón-Llin, Guzmán, Llana, Vuckovic y James, 2010, 2013; Ramón-Llin, Guzmán, Martínez, Vuckovic y James 2012a y 2012b) cuyos resultados veremos en el apartado 3.2. Ramón-Llin y Guzmán (2012) analizaron la distancia recorrida y velocidad de desplazamiento entre un partido de nivel alto y bajo. Ramón-Llin et al., (2010) analizaron diferencias en distancia recorrida por partido en 3 niveles de juego comparando partidos igualados y desigualados. Ramón-Llin et al., (2013) compararon la distancia que recorre el jugador al saque y su compañero en cada punto. Ramón-Llin et al., (2012a, 2012b) analizaron la distancia y velocidad de jugadores de élite.

## **2.2. Análisis de rendimiento deportivo.**

### ***2.2.1. El análisis de rendimiento para mejorar el feedback.***

El entrenamiento deportivo tiene como objetivo la mejora del rendimiento del deportista, concretada en una serie de cambios observables en la conducta del deportista, por lo que la enseñanza y el entrenamiento de

nuevas habilidades van a depender en gran medida del análisis de dichos cambios en la conducta.

Una vez analizado el rendimiento del deportista, cobra una gran importancia el feedback o retroalimentación que recibe el deportista acerca de su realización. Para que el feedback que recibe el deportista sea efectivo y se produzcan las mejoras que se persiguen, es necesario que la información que se analiza sea cierta y precisa.

Franks, Goodman y Miller (1983) realizaron un diagrama mediante el cual se ilustra el proceso de entrenamiento (Figura 6). Este diagrama describe el proceso de entrenamiento distinguiendo una fase de observación (“observación entrenador”), otra fase de análisis (que se produce entre “observación entrenador” y “rendimiento analizado” y una fase de planificación (“Planificación práctica”). El entrenador observa el juego y lo analiza detectando aspectos positivos y negativos de las acciones observadas, de forma que estos aspectos junto con los resultados anteriores, determinan la planificación de la siguiente práctica o competición. Finalmente se lleva a cabo la ejecución, y el proceso se repite. En este proceso de entrenamiento, según Hughes y Franks (2007), existen problemas que van a venir dados por la evaluación subjetiva del entrenador sobre las diferentes acciones que se dan en el juego, lo que va a repercutir directamente en la planificación y en el feedback que éstos aportan a sus deportistas.



Figura 6. Esquema del proceso de entrenamiento (Franks et al. 1983).

El feedback aportado por el entrenador sobre el rendimiento de un deportista o equipo tradicionalmente se ha basado en observaciones subjetivas de tipo cualitativo realizadas durante la práctica, creyendo que el propio entrenador podía informar sobre los elementos críticos del rendimiento sin ningún tipo de ayuda en la observación. Sin embargo, varios estudios no sólo contradicen esta opinión, sino que añaden que la capacidad de recordar de entrenadores con experiencia son ligeramente superiores a las de los novatos, y que incluso tras programas de entrenamiento observacional, las habilidades de los entrenadores para recordar sólo mejoraron ligeramente (Franks y Miller, 1986; Hughes, 2005; Hughes y Franks, 2007). Además, la investigación en psicología aplicada ha demostrado que estas habilidades para recordar también están influidas por factores que incluyen motivos del observador y creencias, por lo que no se puede considerar al entrenador como un perceptor pasivo de información, sino que su percepción de los acontecimientos es selectiva y constructiva, y no simplemente un proceso de copia (Murray, Hughes, White y Locke, 2007).

Por otro lado, la cantidad de feedback y el momento en el que éste se proporciona cobran mucha importancia tanto en el aprendizaje de nuevas habilidades como en la mejora del rendimiento (Murray, Maylor y Hughes, 1998). Además, aunque tanto el feedback cualitativo como el cuantitativo son importantes, algunas investigaciones muestran que cuanto más cuantitativo y objetivo es el feedback, mayor efecto tiene sobre el rendimiento. (Franks et al., 1983; Franks, 1996).

### **2.2.2. El concepto de “análisis de rendimiento” deportivo.**

Como se decía en el apartado anterior, la importancia del feedback para la mejora del rendimiento junto con las limitaciones de la capacidad de recordar de los entrenadores lleva a la exigencia de aportar datos objetivos sobre los cuales basar la información aportada en éste. Es en este momento donde cobra un especial valor el análisis de rendimiento. O’Donoghue, (2010) define el análisis de rendimiento como *“una disciplina de las ciencias del deporte que se superpone con la fisiología, ciencia del entrenamiento, psicología, identificación de talentos y medicina del deporte debido al hecho que las investigaciones de análisis de rendimiento analizan algún aspecto del rendimiento ya sea físico, táctico, técnico o del comportamiento”*. Así, Hughes y Barlett (2008) escribieron en un capítulo del libro titulado *“¿Qué es el Analisis de rendimiento?”*, señalando que toda investigación que trate el análisis de reconocidos deportes en entrenamiento o competición puede ser referida como *“análisis de rendimiento”*. Según O’Donoghue (2010), lo que distingue al *“análisis de rendimiento”* de otras disciplinas es que éste se trata en verdaderas situaciones de campo en deportes de rendimiento, más que en actividades llevadas a cabo en laboratorios o en datos obtenidos a partir de cuestionarios, autoinformes,

concentraciones de equipo o entrevistas. No obstante, O'Donoghue (2010) también indica que hay casos de ejercicios desarrollados en laboratorios de biomecánica que se incluyen dentro del análisis de rendimiento, como por ejemplo aquellos en los que la técnica investigada es una habilidad importante dentro del deporte de interés, de manera que el detallado análisis biomecánico de la técnica forma parte del análisis de esa habilidad. También es posible el uso de cuestionarios o autoinformes dentro del análisis de rendimiento cuando son instrumentos que han sido validados.

Por indicadores de rendimiento se entienden *“los aspectos de rendimiento válidos e importantes en un deporte, que tienen un procedimiento objetivo de medición y medios de interpretación válidos”* (O'Donoghue, 2010). La selección de indicadores de rendimiento adecuados va a ayudar a los entrenadores a identificar el nivel de rendimiento de un deportista o equipo de una forma objetiva. En este sentido, los entrenadores se deben ayudar de indicadores lo más objetivos posibles, además de tener en cuenta que no siempre éstos predicen el resultado (Hughes, 2002). Por ejemplo, un indicador de rendimiento en tenis puede ser el número de puntos ganados (Reid, McMurtrie y Crespo, 2010). Sin embargo, a veces se da la situación de que el jugador/a que ha ganado el partido, no es el/la que más puntos ha ganado. Esta misma situación se puede aplicar al pádel.

Tanto la biomecánica, que analiza detalladamente la técnica individual basándose en aspectos mecánicos y anatómicos, como el análisis notacional que analiza movimientos amplios o patrones de movimiento en deportes de equipo, los cuales están relacionados principalmente con la estrategia y la táctica, forman parte de lo que se conoce como *“análisis de rendimiento”*. (Hughes y Barlett, 2007).

Las Ciencias del Deporte constituyen una nueva área de la ciencia dónde se necesita mucho trabajo en todas las áreas para dotarlas de contenidos y procedimiento. El análisis de rendimiento del deporte, debido a que es una disciplina emergente dentro de las Ciencias del Deporte, requiere, si cabe, mucho más trabajo de fundamentación teórica y metodológica. (O'Donogue, 2010).

### **2.2.3. El análisis notacional.**

El análisis notacional en sus orígenes a principio del siglo pasado era completamente manual y basado en la observación en tiempo real. El desarrollo de la informática y el avance de las tecnologías de la información en las últimas décadas ha supuesto una revolución en el concepto y procedimientos del análisis del rendimiento, permitiendo un registro de la información más preciso y sencillo, facilitando la creación de bases de datos, y dotando de herramientas que hacen que la representación de los datos sea más estética, agradable e intuitiva, y por tanto, más fácil de entender para entrenadores y deportistas (Murray et al., 2007).

Estos avances tecnológicos, junto a las limitaciones ya mencionadas anteriormente por los entrenadores para aportar feedback objetivo a sus deportistas, hacen que el análisis notacional mediante vídeo sea el método idóneo para “objetivar” la información (Hughes y Franks, 1997). El análisis notacional es una forma objetiva de registrar el rendimiento técnico-táctico, por lo que los eventos críticos se pueden cuantificar de una manera consistente y fiable, permitiendo que el feedback, ya sea cuantitativo o cualitativo, sea preciso y objetivo (Murray et al., 2007).

Aunque existen evidencias de algunos estudios que ya empleaban el análisis notacional a principios del siglo pasado (Fullerton, 1912; Messersmith y Corey 1931; Reep y Benjamin, 1968; Downey, 1973), el verdadero surgimiento de estudios que utilizan el análisis notacional como método de trabajo, se produjo a finales de los años 70 y principios de los 80, (Reilly y Thomas, 1976; Sanderson y Way, 1979; Sanderson, 1983; Franks et al., 1983; Hughes, 1985), coincidiendo con la aparición de los ordenadores personales.

Según Barris y Button (2008) el análisis notacional para investigar los patrones de esfuerzos y técnicas deportivas, se ha utilizado en varios deportes como el rugby (Duthie, Pyne y Hooper.,2003; Docherty, Wenger y Neary, 1988) , squash (Hong, Robinson, Chan, Clark y Choi , 1996; Sanderson, 1983; Sanderson y Way, 1977), bádminton (Blomqvist, Luhtanen y Laakso ,1998), fútbol (Mayhew y Wenger, 1985; Figueroa y Barros 2006), netball (Steele y Chad, 1991; Loughran y O'Donoghue ,1999), baloncesto (Miller y Barlett, 1994; Tavares y Gomes, 2003), fútbol australiano (Dawson, Hopkinson, Appleby, Stewart y Roberts, 1994), voleibol (Hughes y Daniel, 2003) y hockey sobre patines (Kingman y Dyson, 1997).

Por lo que respecta a deportes de raqueta, el primer sistema de análisis notacional manual publicado fue para tenis (Downey, 1973). Este sistema permitía registrar los tipos de golpes realizados, la posición en la pista, el resultado del golpe y el tipo de efecto utilizado en cada golpe. Debido a su complejidad, este sistema nunca se utilizó para el registro de datos, aunque sí fue importante para posteriores investigaciones que se basaron en sus ideas. Sanderson y Way (1979) utilizaron un sistema para squash basado en el trabajo de Downey (1973), mediante el cual analizaban los patrones positivos y negativos del juego. Este sistema, que fue desarrollado por Sanderson (1983),

incluía símbolos que permitían representar los diferentes golpes y posteriormente mostrarlos mediante un diagrama. El problema que presentó este sistema fue su complejidad para aprender a utilizarlo y el tiempo que se necesitaba emplear para poder analizar los datos de un partido, entre 40-50 horas. Los problemas que presentaban el uso de este tipo de sistemas más complejos empezaron a ser resueltos por Hughes (1985), al informatizar el procesamiento de los datos que habían sido registrados mediante el sistema de Sanderson y Way (1979).

Estos primeros estudios que comenzaron a introducir herramientas informáticas, estaban limitados por la escasa capacidad de almacenamiento y procesamiento de los datos de los propios sistemas informáticos disponibles en ese momento, pero la rápida aparición de sistemas informáticos más potentes, pantallas digitales táctiles, sistemas interactivos mediante voz, lenguajes de programación visuales y programas específicos para el análisis de rendimiento, han permitido una reducción considerable del tiempo empleado en el aprendizaje y el análisis, y permiten una mayor precisión de los datos registrados (Hughes, Hughes y Behan, 2007).

Hughes (1994), indicó que había cuatro propósitos o áreas principales dentro de las cuales se podría aplicar el feedback recogido a través del análisis notacional a los deportes de raqueta: el análisis táctico, el análisis técnico, el análisis de movimiento, y la creación de bases de datos y modelado. Este autor incorporó una quinta área para el análisis notacional, el “coach and player education”, referida al apoyo del entrenador al jugador durante la práctica. Estos estudios de análisis notacional en diversas modalidades (Barris y Button, 2008), incluida el pádel (Sañudo, De Hoyo y Carrasco, 2008). Según Barris y Button (2008), los investigadores han utilizado diferentes procedimientos para

llevar a cabo el análisis de las anotaciones, desde simples apuntes hasta los más complejos sistemas de video y ordenadores (Blomqvist et al., 1998). En los siguientes apartados veremos los 4 principales propósitos del análisis notacional.

### ***2.2.3.1. Análisis notacional de aspectos tácticos.***

Como ya hemos dicho en el apartado anterior, uno de los 4 grandes fines del análisis notacional es la evaluación táctica. Las tácticas son decisiones tomadas por los jugadores momento a momento durante la competición según las opciones disponibles, los riesgos percibidos y las oportunidades asociadas con estas opciones (Fuller y Aldersson, 1990). La definición de los patrones tácticos del juego en el deporte ha sido un tema de interés para un gran número de investigadores, analizando las diferentes tácticas empleadas en diferentes niveles de deportes específicos (Murray et al., 2007).

Sanderson y Way (1977) utilizaron símbolos dibujados para analizar 17 golpes diferentes y planos de la cancha para conseguir información precisa sobre la distribución de los golpes. Este método fue modificado posteriormente por Sanderson (1985) y aplicado a un partido de competición para definir los patrones de juego de los ganadores y perdedores en squash.

El primer análisis notacional informatizado sobre la táctica empleada por jugadores de diferente nivel en deportes de raqueta fue llevado a cabo por Hughes (1985), quien comparó la distribución de los golpes de jugadores de squash recreacionales, regionales y nacionales utilizando un sistema de análisis notacional desarrollado por él mismo. Por lo que respecta al tenis, ésta es el área de las cuatro que se han citado anteriormente en la cual se centran un mayor número de trabajos. Hughes y Clarke (1995) utilizaron un sistema

notacional informatizado para analizar las estrategias empleadas según la superficie en los torneos de tenis de Wimbledon (superficie de hierba) y el Open de Australia (superficie sintética). En este estudio analizaron variables temporales como el tiempo en los descansos entre juegos, entre juegos sin cambio, entre puntos y entre servicios, así como la duración de los puntos. Además, analizaron variables de posición a las que se hará alusión cuando se trate el análisis de movimiento.

Más tarde O'Donoghue y Liddle (1998a) analizaron factores temporales en partidos de tenis masculinos y femeninos en superficie de hierba y de tierra. Siguiendo la misma línea que el trabajo anterior, Verlinden et al. (2004), compararon partidos masculinos y femeninos en los torneos de Wimbledon y Roland Garros, mostrando las diferencias entre género y superficie en cuanto a la duración de los puntos y los puntos jugados en la red. O'Donoghue y Liddle (1998b) extendieron su estudio previo (O'Donoghue y Liddle, 1998a) realizando una evaluación de la estrategia en función de la superficie para los partidos femeninos. Del mismo modo, Collinson y Hughes (2002) centraron su estudio en las diferencias en la táctica empleada por las tenistas en función de la superficie en estos mismos torneos. Otros estudios como el de O'Donoghue e Ingram (2001) compararon datos de los cuatro torneos de Grand Slam, analizando variables temporales y puntos en jugados en la red y en el fondo de la pista, en función del género y de la superficie. Con datos de estos mismos torneos, O'Donoghue (2002) concluyó que tanto la superficie de juego como el género debían ser tenidas en cuenta para determinar la importancia de los puntos en los torneos de Grand Slam.

Takahashi et al. (2006) llevaron a cabo dos estudios en su trabajo, el primero consistió en validar una herramienta informatizada para el registro de

los datos en tenis, y en el segundo, haciendo uso de dicha herramienta, compararon la duración de los puntos, la duración del servicio, y la duración de los intercambios de fondo en tres torneos de Grand Slam jugados en diferentes superficies. Finalmente, O'Donoghue (2006) introdujo una variable que no se había estudiado hasta ese momento, el tipo de juego, comparando el número de veces que los jugadores subían a la red cuando no estaban en posesión del servicio, en función de si estaban disputando un juego normal o un tie-break (muerte súbita), y en función del género. En referencia al pádel, Almonacid (2012) también realiza un análisis táctico observando el tiempo de ataque y defensa y los tipos de golpes empleados, teniendo en cuenta el género y el resultado.

En el Cuadro 1 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

**Cuadro 1.** Algunos estudios de análisis notacional táctico en tenis, squash y pádel.

<b>Autor(es)</b>	<b>Deporte</b>	<b>Variables analizadas</b>
Hughes (1985)	Squash	Distribución de los golpes Nivel
Sanderson y Way (1977)	Squash	Distribución de los golpes
Hughes y Clarke (1995)	Tenis	Variables temporales Superficie
O'Donoghue y Liddle (1998a)	Tenis	Variables temporales Superficie Género
Verlinden et al. (2004)	Tenis	Variables temporales Tipo de punto Superficie Género
O'Donoghue y Liddle (1998b)	Tenis	Tipo de punto Superficie
Collinson y Hughes (2002)	Tenis	Tipo de punto Superficie
O'Donoghue e Ingram (2001)	Tenis	Variables temporales Tipo de punto Superficie
O'Donoghue (2002)	Tenis	Tipo de punto Superficie Género
Takahashi et al. (2006)	Tenis	Variables temporales Superficie
O'Donoghue (2006)	Tenis	Tipo de punto Tipo de juego Género
Almonacid (2012)	Pádel	Variables temporales Género Resultado Posición en la pista

Como puede observarse, el estudio de variables temporales como la duración de los puntos y la duración de los descansos entre puntos o juegos, así

como las diferencias entre las distintas superficies y entre hombres y mujeres, son objeto de estudio de muchos de estos trabajos. En estas variables temporales, el estudio de Almonacid (2012) diferencia entre tiempo de ataque y tiempo de defensa. Además también encontramos estudios que analizan el tipo de punto, refiriéndose principalmente, a si el punto se disputa desde el fondo de la pista o, por el contrario, se sube a la red.

A pesar de ser el área más estudiada dentro del análisis notacional, el análisis táctico es un campo de investigación en el cual aún queda mucho por investigar, especialmente en el pádel y el resto de los deportes de raqueta. Como se ha mencionado unas líneas más arriba, la clasificación del tipo de punto en muchos de estos estudios se realiza en base a si el jugador sube a la red o se queda en el fondo, por lo que la definición de nuevas clasificaciones basadas, por ejemplo, en los tipos de golpe más utilizados o en las zonas de la pista en las que el jugador golpea con mayor frecuencia, podrían ser utilizadas en estudios futuros.

#### **2.2.3.2. Estudios de análisis de la técnica.**

La técnica se define como *“la ejecución de movimientos estructurales que obedecen a una serie de patrones tempo-espaciales modelos, que garantizan la eficiencia”* (Alvarez Bedolla, 2003). La búsqueda de las debilidades y fortalezas técnicas puede ser de vital importancia tanto para entrenadores como para los científicos en su búsqueda por mejorar el rendimiento de los deportistas (Murray et al., 2007). Los aspectos técnicos y tácticos guardan una relación muy directa, de modo que los métodos de investigación que definen las fortalezas y debilidades técnicas de los jugadores también estarán relacionadas con las tomas de decisiones tácticas (Hughes et al., 2007).

Los sistemas de análisis técnico utilizados en los últimos años en deportes de raqueta (Hughes, 1985; Brown y Hughes, 1995) se han utilizado para mostrar las áreas en la cancha desde donde los jugadores realizan puntos ganadores y errores, y con qué golpes los realizan. Para dotar de una mayor profundidad al análisis, y por tanto al feedback, también es frecuente analizar los dos o tres últimos golpes del punto. Si se recogen todos estos datos de un número suficiente de partidos, en jugadores de un nivel adecuado, este análisis va a proporcionar indicaciones sobre la mayor o menor efectividad de cada uno de los golpes del jugador (Hughes et al., 2007).

Furlong (1995) fue uno de los primeros autores en analizar el tenis desde esta perspectiva, en su trabajo comparó la efectividad del servicio en partidos masculinos y femeninos, tanto en modalidad individual como en dobles, en superficie de hierba y tierra batida. Posteriormente Taylor y Hughes (1995) compararon los patrones de juego de jugadores de categoría junior británicos, europeos y americanos/canadienses. Para realizar el análisis del patrón de juego, dividieron la pista en cuatro zonas, anotando los tipos de golpes realizados en cada una de ellas, así como el resultado del golpe. Schonborn (1999) centró su trabajo en el análisis de la efectividad del resto, comparándola con el porcentaje de puntos ganados tanto en superficie de tierra como en superficie rápida.

Hong et al. (1996) también utilizaron un método de análisis notacional para estudiar estrategias de juego de 12 de los mejores jugadores del ranking mundial de squash. Las cámaras de vídeo fueron colocadas en el fondo de la pista para proporcionar una perspectiva clara de los movimientos de la pelota y los jugadores. Varias variables fueron analizadas incluyendo los golpes jugados por cada jugador, y el punto donde botaba la pelota. Los golpes se clasificaron

de acuerdo a 13 tipos predeterminados y cada devolución de golpe fue clasificada en 4 categorías (efectivo, inefectivo, ganador, perdedor) para determinar la efectividad de juego de los competidores.

Gillet et al. (2009), relacionaron las zonas a las cuales son dirigidos los servicios y los restos en tenis, así como los efectos de estos golpes, con el porcentaje de puntos ganados en Roland Garros. Más original fue el estudio de Reid, et al. (2010), quienes utilizaron variables estadísticas proporcionadas por la Asociación de Tenistas profesionales (ATP) para establecer una ecuación predictora del ranking masculino de tenis en función de éstas. De esta forma, se podía calcular la posición de un jugador en el ranking mundial en base a la ecuación que se indica a continuación:  $\text{Ranking profesional} = 548.5 - 666.6 * \text{puntos ganados con segundo servicio} - 319.9 * \text{puntos ganados restando un segundo servicio}$ .

Hizan, Whipp y Reid (2011) analizaron los golpes (saque y resto) comparando entre jugadores profesionales, jugadores de alto nivel menores de 16 años y jugadores de alto nivel menores de 12 años tanto masculinos como femeninos. Las variables que compararon entre los distintos grupos fueron el porcentaje de primeros y segundos servicios, el porcentaje de puntos ganados con estos mismos golpes, y el porcentaje de puntos ganados restando primeros y segundos servicios.

Finalmente hay 2 estudios en pádel que han analizado la tipología de golpes existentes. Sañudo et al. (2008) establecieron estructuralmente el porcentaje de cada tipo de golpe efectuado en pádel pero sin diferenciar entre las diferentes tipos de golpes de pared. Un análisis más pormenorizado fue

realizado por Almonacid (2012) quien además realizó comparativas entre ganadores y perdedores, posición en la pista y en función del género.

En el cuadro 2 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

**Cuadro 2.** Estudios de análisis notacional técnico en deportes de raqueta.

Autor(es)	Deporte	Variables analizadas
Hong et al. (1996)	Squash	Tipo de golpe Efectividad
Furlong (1995)	Tenis	Efectividad del servicio Género Modalidad Superficie
Taylor y Hughes (1995)	Tenis	Tipo de golpe Zona de golpeo Resultado del golpe Nacionalidad/Continente
Schonborn (1999)	Tenis	Efectividad del resto Resultado del punto Superficie
Gillet et al. (2009)	Tenis	Zonas de servicio Zonas de resto Efecto Resultado del punto
Hizan et al. (2011)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del punto
Sañudo et al. (2008)	Pádel	Tipo de golpe Estructura del deporte
Almonacid (2012)	Pádel	Tipo de golpe Género Posición en la pista Resultado

Como se puede observar, la gran mayoría de estudios de análisis técnico se centran principalmente en los golpes de servicio y resto. Sin embargo, hemos visto que el tipo de golpeo está incluido tanto en los estudios de análisis notacional táctico como técnico. En general, lo que los diferencia, es que en los estudios de análisis técnico analizan desde la perspectiva de la efectividad de los

golpeos, mientras que los estudios de análisis notacional táctico los analizan buscando estrategias de juego.

### **2.2.3.3. Estudios de bases de datos y modelado.**

Los deportistas demuestran a menudo ciertos comportamientos estereotipados durante el juego que incluyen aspectos positivos y negativos del rendimiento. Cuando se realiza una observación durante un cierto periodo de tiempo pueden comenzar a definirse ciertos patrones de juego, pudiendo establecerse un modelo más exacto cuanto mayor sea la base de datos (Hughes y Barlett, 2007). Los modelos establecidos permiten obtener información muy valiosa sobre aquellos aspectos críticos del juego que se relacionan con un rendimiento exitoso, y además, ayudan a predecir el juego de los propios deportistas o de los oponentes (Hughes et al. 2007; Hughes y Barlett, 2007).

En la literatura se pueden encontrar diversos estudios que utilizan el análisis notacional para establecer modelos de rendimiento en tenis, aunque no hemos encontrado ninguno de pádel. Al igual que en otras áreas ya tratadas en este trabajo, el servicio suele ser el objeto de estudio de una gran parte de estos trabajos (Gale, 1971; Norman, 1985; George, 1973; Gillman 1985; Hannan 1976; Walker y Wooders, 2001). Entre los primeros trabajos de este tipo aplicados al tenis encontramos el llevado a cabo por Gale (1971), donde se empleó un modelo matemático simple para determinar la estrategia óptima del servicio. También el de George (1973), que utilizó un modelo simple probabilístico para determinar la estrategia de servicio óptima. Hannan (1976) también centró su estudio en el análisis de las estrategias del servicio, pero teniendo en cuenta también la influencia del resto del oponente. Gillman (1985) llevó a cabo un análisis similar sobre las estrategias de servicio. Norman (1985) utilizó la

programación dinámica para determinar la estrategia óptima en cuanto a la velocidad de los primeros y segundos servicios.

Más recientemente Walker y Wooders (2001) usaron una aproximación a la teoría de juegos para mostrar que el servicio y el resto, en partidos concretos, guardan relación con el equilibrio en el juego. Brimberg, Hurley y Lior (2004) realizaron un modelo sobre la asignación de energía que los jugadores deben realizar en un deporte con una duración desconocida, en este modelo sugieren que cuando los jugadores están por detrás en el marcador, deben dividir su energía restante de manera uniforme entre todos los posibles juegos restantes. Barnett, Meyer y Pollard (2008) muestran como las estadísticas de un jugador en una superficie en concreto pueden ser útiles para tomar decisiones sobre las estrategias del servicio, mostrando un ejemplo de un jugador que realiza primeros y segundos servicios a una alta velocidad.

En el cuadro 3 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

**Cuadro 3.** Estudios de análisis notacional de modelado en tenis y squash.

Autor(es)	Deporte	Variables analizadas
Gale(1971)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del servicio Resultado del punto
George (1973)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto
Gillman (1985)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto
Hannan (1976)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del servicio Resultado del punto
Walker y Wooders (2001)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del punto Género Categoría
Brimberg et al.(2004)	Tenis/squash	Juegos restantes Juegos para ganar Energía utilizada Energía restante
Barnett et al. (2008)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto Superficie

Como hemos visto, al igual que ocurre con los estudios de análisis técnico, la mayoría de los modelos desarrollados en los trabajos presentados se basan en el servicio y el resto en tenis, por lo que la creación de modelos para

otros golpes debería considerarse en futuras investigaciones. Del mismo modo que en el análisis técnico, la inclusión de variables como la dirección de los golpes o la posición desde la que se ejecutan, permitiría la creación de un mayor número de modelos.

#### **2.2.3.4. Estudios de análisis de movimiento.**

Finalmente, otro de los grandes fines del análisis notacional es el análisis de movimiento. Vamos a ver algunos estudios en deportes de raqueta describiendo las variables que analizaron, pero al igual que en los apartados previos de los diferentes tipos de análisis notacional no especificaremos los resultados obtenidos, ya que lo haremos con detalle en el apartado 4.2 de esta tesis “Estudios relativos a los objetivos de esta tesis”. Hughes, Franks y Nagerlkerke (1989) introdujeron el rastreo computerizado de los desplazamientos introduciendo los datos de posición del jugador con una agenda digital y utilizando un software diseñado específicamente para calcular las distancias recorridas, velocidad y series de aceleración.

Uno de los objetivos comunes en varios de los estudios que han aplicado el análisis de movimiento en tenis es el análisis del patrón de movimientos de los pies de los jugadores, así Richers (1995) llevó a cabo un estudio sobre el perfil fisiológico y de movimientos en el tenis individual, realizando un análisis de los desplazamientos junto con una evaluación de las secuencias y repeticiones de los movimientos de pies de los jugadores. Hughes y Moore (1998) analizaron los patrones de movimiento de los pies en relación a la táctica de saque-volea en el tenis, indicando qué patrones eran los que más se repetían y relacionando ciertos movimientos con el resultado final del punto. Basándose en estos estudios y en el que llevaron a cabo Pereira y Wells (2001) para squash,

Hughes y Meyers (2005) analizaron los patrones de movimiento de pies en jugadores profesionales sobre superficie de hierba, indicando también los patrones que se repetían con mayor frecuencia en cada fase del punto y en cada zona de la pista.

Otro tipo de estudios analizan el ritmo de trabajo (“work-rate”) que normalmente viene referido a la distancia recorrida por partido, o por otra unidad de juego. En tenis por ejemplo, Suda, Michikami, Sato y Umebayashi (2003), empleando el análisis mediante vídeo, analizaron un partido individual femenino indicando la distancia recorrida por una jugadora a lo largo del partido. Posteriormente, Filipcic, Pers y Klevisar (2006) realizó una comparación de la distancia recorrida en tenis entre niños y niñas de hasta 14 años, analizando las diferencias entre ambos grupos, y también entre ganadores y perdedores. Fernández-Fernández, et al., (2009) llevaron a cabo un estudio en el cual examinaban las diferencias en el perfil de actividad y las demandas fisiológicas entre jugadores de tenis veteranos de nivel avanzado y recreativo indicando las diferencias en distancia recorrida y en velocidad de desplazamiento entre ambos grupos.

Vučković, Pers y Kovacic, (2005) compararon los patrones de movimiento de jugadores nacionales e internacionales de squash en partido indicando la forma y longitud de las trayectorias que empleaban los jugadores. Además Vučković y James, (2010) compararon la distancia recorrida entre ganadores y perdedores en squash.

En pádel algunos estudios presentados en congresos han analizado la distancia recorrida y velocidad de desplazamiento de los jugadores. En un estudio preliminar al presentado en esta tesis, Ramon-Llin et al., (2010)

presentaron una comparativa de distancia recorrida por partido y promedio de velocidad de desplazamiento por juego el nivel de rendimiento y también en función del nivel de disputa del partido; Ramon-Llin y Guzmán, (2012) también indicaron resultados de distancia recorrida y velocidad de desplazamiento en función del nivel de juego, el resultado, posesión del servicio y posición en la pista. También se indicaron datos relativos a la distancia recorrida en jugadores de élite (Ramón-Llin et al 2012a, 2012b). Recientemente, Ramón-Llin et al. (2013) indicaron resultados de distancia recorrida comparando el jugador al servicio y su compañero, teniendo en cuenta diferentes niveles de juego.

Como se ha podido comprobar, los patrones de movimiento de los jugadores, los movimientos de pies, la distancia recorrida o la velocidad de desplazamiento son las variables de estudio principales. En el cuadro 4 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

**Cuadro 4.** *Estudios de análisis notacional de movimiento en deportes de raqueta.*

Autor(es)	Deporte	VARIABLES ANALIZADAS
Sanderson y Way (1979)	Squash	Posición
Hughes . (1989)	Squash	Distancia recorrida Velocidad Aceleración
Vuckovic et al. (2005)	Squash	Distancia recorrida Nivel de rendimiento
Vuckovic y James. (2010b)	Squash	Distancia recorrida Resultado
Hughes y Clarke (1995)	Tenis	Posición
Richers (1995)	Tenis	Tipo de desplazamiento Movimiento de pies
Hughes y Moore (1998)	Tenis	Movimiento de pies Resultado del punto
Pereira y Wells (2001)	Squash	Patrón de movimiento Zona de la pista Resultado del punto
Hughes y Meyers (2005)	Tenis	Patrón de movimiento Zona de la pista Fase del punto
Suda et al. (2003)	Tenis	Distancia recorrida
Filipic et al. (2006)	Tenis	Distancia recorrida Género Resultado del partido
Fernández-Fernández et al. (2009)	Tenis	Distancia recorrida Velocidad Nivel
Ramon-Llin et al. (2010)	Pádel	Distancia recorrida Velocidad Nivel de rendimiento Nivel de disputa del partido
Ramón-Llin et al. (2012)	Pádel	Distancia recorrida Velocidad Resultado Saque vs resto Posición en la pista
Ramón-Llin et al. (2013)	Pádel	Distancia recorrida Nivel Rol saque



## **CAPÍTULO 3**

---

### **MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO**



### 3. MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO.

#### 3.1. El análisis de movimiento.

##### 3.1.1. *Introducción.*

Como ya hemos visto en el apartado anterior, uno de los temas tratados por el análisis de rendimiento es el ritmo de trabajo en un deporte, cuyo análisis se ha llevado a cabo utilizando tanto métodos manuales como computerizados con el objetivo de determinar la distancia recorrida y los diferentes patrones de movimiento, en relación al tiempo de partido (O'Donogue, 2008).

Como decíamos al principio de esta tesis, conocer el tipo de esfuerzos y características de un deporte en cuanto a su perfil de movimientos, permite a los entrenadores una mejor planificación del entrenamiento (Hughes et al. 2007), llegando algunos autores a realizar propuestas de ejercicios a partir del análisis de movimiento de los jugadores, como por ejemplo Gasston y Simpson (2004).

No obstante, la información obtenida a través del análisis de movimiento para la comprensión de las demandas físicas de los distintos deportes debe ser tratada y transmitida con cautela ya que, como afirman Bloomfield, Polman y O'Donoghue (2007), la cuantificación de las demandas fisiológicas a través del cálculo de la distancia recorrida por los jugadores, pierde datos objetivos, puesto que este método únicamente tiene en cuenta los desplazamientos del centro de gravedad (movimientos de traslación), omitiendo los esfuerzos que realizan los jugadores en las diversas acciones del juego, como podrían ser en el caso del tenis, golpes, giros o impulsiones. Por tanto, este método subestima el gasto energético llevado a cabo por los jugadores (Reilly, 1997). A esto hay

que añadir el error cometido en el cálculo de la distancia recorrida, que va a depender principalmente del método empleado, no existiendo ningún método preciso al 100% (Edgecomb y Norton, 2006).

### **3.1.2. Métodos empleados para el estudio de análisis de movimiento.**

A lo largo de los años se han empleado diversos métodos para cuantificar y analizar el movimiento de los deportistas, desde los estudios más pioneros, como el de Reilly y Thomas (1976) que calculaba la distancia recorrida contando los pasos que daban los jugadores y multiplicando por una longitud media de zancada para cada jugador, hasta los más sofisticados que utilizan tecnología GPS o softwares específicos como Prozone, Amisco Pro o Sagit (Vučković, Pers, James y Hughes, 2010).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el avance tecnológico de las últimas décadas ha tenido gran influencia dentro del análisis notacional, siendo especialmente importante en el área del análisis de movimiento. Un claro ejemplo de ello es la clasificación realizada por Barris y Button (2008), en la cual agrupan los estudios en función de si el método de rastreo utilizado es manual o automático. En nuestra opinión, se pueden ver 2 generaciones de métodos diferentes utilizados para el estudio de análisis de movimiento, desde el punto de vista tecnológico. Los métodos de la 1ª generación emplean medios más rudimentarios donde la anotación manual es imprescindible para la obtención de datos necesaria para el rastreo de los jugadores. Por el contrario, en los últimos 10-15 años se ha producido un gran avance en los sistemas de rastreo automáticos del movimiento (Barris y Button, 2008). Aparecen así los métodos que nosotros llamamos de la 2ª generación.

### **3.1.2.1. Métodos de 1ª generación.**

Los métodos de la 1ª generación surgieron en los años 70 y se basaban en el análisis notacional de estimaciones visuales o similares, como por ejemplo, el estudio de Reilly y Thomas (1976) ya mencionado. Muchos de los estudios que han utilizado métodos basados en estimaciones visuales, clasifican los desplazamientos y establecen un perfil de intensidad del ejercicio en base a éstos, tales como andar, trotar, correr o esprintar. Posteriormente, establecen un promedio de zancada para cada uno (Vučković, Pers, James y Hughes, 2010; Barros et al., 2007; Jones y Drust, 2007). Estos estudios corresponden al área del time-motion análisis (TMA), que en castellano se traduce como análisis del perfil o patrón de movimientos.

Sin embargo, destacamos 2 formas principales para establecer este perfil a partir de la intensidad o velocidad de desplazamiento; En la primera, la más subjetiva de las dos, uno o varios observadores determinan a qué tipo de intensidad se está desplazando el jugador. En la otra, más objetiva, se establecen unos rangos de velocidad en m/s para cada intensidad. Por ejemplo, Dawson et al. (2004) aplicando la primera forma, establecieron el perfil de actividad de andar, trotar, correr, esprintar en base a los estudios de Mayhew y Wenger (1985) y Durward, Baer y Rowe (1996). Para calcular la distancia recorrida para cada intensidad de movimiento, ya sea, andar, correr, esprintar, etc., establecieron un ritmo medio de movimiento para cada nivel de intensidad. La frecuencia de pasos de desplazamiento se calculaba dividiendo el número de pasos realizados en 20 metros por el tiempo que llevaba realizar los 20 metros en cada intensidad. La amplitud de zancada la calculaban dividiendo los 20 metros de distancia, por el número de pasos realizados. Finalmente, para establecer la distancia cubierta, multiplicaban la frecuencia por la amplitud de

cada paso, obteniendo la velocidad de desplazamiento (velocidad = amplitud de paso x frecuencia de paso), y luego multiplicaban la velocidad por el tiempo que estaba desplazándose a esa velocidad-intensidad ya que Distancia = velocidad de desplazamiento x tiempo de desplazamiento. Ej (Andar):

### **1º Cálculo de la frecuencia de paso:**

Frecuencia = Pasos/Segundo = Números de pasos en 20m/Tiempo andando en 20 m = 22 pasos/12,4 s = 1,77 Hz.

### **2º Cálculo de la amplitud de paso:**

Amplitud = Metros/Paso: = 20 metros/número de pasos = 20 m/22 pasos = 0,91m de paso.

### **3º Cálculo de la distancia recorrida andando:**

Distancia recorrida andando = Total Metros Cubiertos andando = Metros/Paso x Tiempo Total andando x Pasos/Segundo = 0,91 x 3351 s x 1,77 = 5397 m.

En otros estudios de análisis notacional realizados a través de estimación visual, la posición de los jugadores se calculaba de forma sencilla utilizando técnicas que calibraban la cámara y las coordenadas de posición en relación a puntos fijos cuyas distancias eran conocidas (Erdmann, 1992; en Vučković et al., 2010). La distancia recorrida se calculaba marcando la posición inicial y final de los jugadores sobre una representación escalada del área de juego (Rienzi, Drust, Reilly, Carter y Martin, 2000; Reilly, 1997) y combinando las imágenes de video del contexto deportivo con coordenadas obtenidas de una agenda táctil (Hughes et al., 1989).

Otro método alternativo ha sido colocar fotocélulas sobre distancias conocidas en el terreno de juego y calcular las velocidades sobre diferentes desplazamientos. Estos cálculos también permiten determinar la distancia cubierta como producto de la velocidad media por el tiempo de desplazamiento. (Krustrup y Bangsbo, 2001; Krustrup, Mohr, y Bangsbo, 2002; Krustrup, Mohr, Ellingsgaard, y Bangsbo, 2005; Mohr, Krustrup, y Bangsbo, 2003; Martin, Tolfrey, Smith, y Jones, 2001).

También debemos tener en cuenta que el método de análisis notacional de movimiento realizando el rastreo mediante estimación visual presenta algunos inconvenientes. Estos métodos (Bangsbo, Norregaard y Thorso, 1991; Mohr et al., 2003) son muy laboriosos (exigen mucho tiempo con un gran porcentaje de anotación manual) y la mayoría exigen tanto trabajo que presentan resultados parciales (Barros et al., 2007). Por citar algunos ejemplos, en el estudio de Ohashi, Miyagi, Nagahama, Ogushi, y Ohashi (2002), sólo un jugador fue rastreado en cada partido. Iwase y Saito (2004) indicaban que todos los jugadores fueron rastreados, pero durante periodos de tiempo muy cortos. Por otro lado, en el estudio de Toki y Sakurai (2005), todos los jugadores fueron rastreados durante un partido completo, rastreando manualmente fotograma a fotograma.

En cuanto a la validez y fiabilidad de estos métodos que emplean análisis notacional de movimiento mediante estimación visual, también encontramos ciertos problemas. El 1º es la fiabilidad de la anotación de datos por parte del observador, es decir, la habilidad por parte del observador de repetir los valores observados cuando la medida es repetida (validación intra-sujeto) (Duthie et al., 2003). Además, la consistencia de medida inter-observadores es crucial para determinar la fiabilidad de los sistemas de análisis del movimiento donde el

tiempo total, la frecuencia y la media de duración de los diferentes tipos de esfuerzos (andar, esprintar...) puede presentar grandes variaciones (Barris y Button, 2008).

En resumen, aunque el análisis notacional de movimiento mediante estimación visual es un procedimiento de bajo coste económico, práctico y adecuado, la validez y fiabilidad del proceso puede variar dependiendo de factores tales como el número de observadores utilizados, su experiencia y la calidad de su punto de vista (Hughes y Franks, 2004).

### ***3.1.2.2. Métodos de 2ª generación (GPS y Sistemas de rastreo automático).***

La 2ª generación se inicia con el uso de la tecnología GPS (Global Position System). Esta tecnología permite saber la posición del jugador en el campo, basándose en que el jugador porta un dispositivo encima que envía una señal al menos a 3 satélites que orbitan la tierra. En función del tiempo que tarde cada satélite en recibir la señal, se calcula la distancia a la que está el jugador de cada satélite y luego se triangula la posición.

Si profundizamos en el tema, se han realizado estudios con 2 tecnologías GPS diferentes, las diferenciales y las no diferenciales. Las primeras son más precisas puesto que ajustan el error de las medidas dadas por el GPS a partir de distancias conocidas entre puntos que sirven como referencia.

En cuanto a la validez, el problema del GPS a nivel general es que no es útil para medir trayectorias curvas cuando el jugador va muy rápido ya sea corriendo o esprintando (Coutts y Douffield, 2010; Portas, Rush, Barnes, y Batterham, 2007). Por tanto, es una tecnología adecuada para modalidades en

la que predominen esfuerzos poco intensos (velocidad inferior a 3 m/s) o con pocos cambios de trayectoria (Coutts y Douffield, 2010; Portas et al., 2007).

Existen relativamente pocos estudios en el ámbito deportivo competitivo en los que se haya utilizado el GPS, quizá debido al problema que plantea que el jugador deba llevar un dispositivo implantado en su equipación, siendo éste un aspecto reglamentario no aceptado por la normativa técnica de muchas modalidades deportivas durante la competición (Vučković, et al., 2010; Barros et al., 2007). Se han realizado estudios, por ejemplo, en fútbol (Pino, Martínez-Santos, Moreno, y Padilla, 2007; Portas et al., 2007), en esquí (Seifriz, Mester, Krämer, y Roth, 2003) y también en fútbol playa (Castellano y Casaminacha, 2010).

A partir del sistema GPS, se ha derivado a una tecnología basada en el uso de transmisores-receptores en el campo de juego para determinar la posición de los jugadores, como en el estudio de Holzer, Hartmann, Beetz, y Von der Grun (2003). La diferencia con respecto al GPS, es que en el GPS el transmisor y receptor están ubicados uno sobre el jugador y el otro en los satélites que orbitan la Tierra, mientras que en este nuevo sistema, ambos dispositivos están en el jugador y sobre el terreno de juego.

En los últimos 10 años, de forma paralela al GPS, han aparecido los primeros estudios para calcular la distancia cubierta por los jugadores utilizando sistemas de rastreo de los jugadores de forma automática o semi-automática. Estos sistemas de rastreo se inician en el ámbito de la vigilancia militar y la industria de seguridad. El rastreo del movimiento humano en instalaciones cubiertas tiene un gran interés y aplicación en entidades bancarias, fronteras, aeropuertos o almacenes (Fujiyoshi y Kanade, 2004; Moeslund, Hilton, y Kruger,

2006; en Barris Button, 2008). Barros (2007) indicó que el rastreo automático implica un procesamiento muy rápido de la imagen de video utilizando la gran capacidad de procesamiento de los ordenadores potentes. La investigación mediante el uso de métodos de rastreo automáticos se ha centrado en la detección de los objetos, el movimiento a rastrear y la comprensión de la actividad utilizando diferentes niveles de imágenes detalladas (Barros et al., 2007).

Como ya dijimos previamente, Barris y Button (2008) clasificaron los sistemas de rastreo automático en sistemas cubiertos y sistemas al aire libre, indicando que los sistemas de rastreo al aire libre tienen áreas de captura de imagen más grandes, más jugadores que detectar y más condiciones variables de luz y luminosidad en comparación con los sistemas utilizados para deportes cubiertos. Esto se traduce en que los sistemas al aire libre deben emplear un mayor número de cámaras de video para detectar a todos los jugadores en todo momento.

Los estudios con métodos de rastreo automático o semi-automático se han aplicado en múltiples modalidades deportivas como baloncesto (Vučković y Dezman, 2001; Barris, 2008), fútbol (Barros et al., 2007), balonmano (Pers, Bon, Kovacic, Sibila, y Dezman, 2002), voleibol (Mauthner, Koch, Tilp y Bischof, 2007) squash (Vučković et al., 2005; Vučković y James, 2010;), tenis (Martinez-Gallego et al., 2013) y pádel (Ramón-Llin et al. 2010, 2013).

### ***3.1.3. Validez de los sistemas de rastreo automáticos.***

Los investigadores han utilizado diferentes algoritmos de rastreo para sus cálculos de distancia cubierta. Sin embargo, poco se sabe sobre los tests de validez de estos algoritmos. A este respecto, un estudio que presentó resultados

en este campo fue el de Pers, Bon, y Kovacic (2001), quienes evaluaron la precisión de jugadores rastreados en balonmano. Se mostraba que la medida de errores en rastreo automático de jugadores proviene de diferentes razones, que explicamos a continuación.

Pers et al., (2002) sugieren que la causa más importante de los errores es la forma en que se representa el cuerpo humano. Por ejemplo, si la posición del jugador se representa por un punto, entonces el movimiento del jugador probablemente interfiere con las medidas. Por ejemplo, el movimiento de los brazos puede producir una medida de velocidad distinta de cero incluso cuando los jugadores están quietos.

Un efecto similar apareció cuando se calculó la distancia cubierta por un jugador, donde el movimiento de los brazos daba una distancia mayor a la realmente realizada. Estos errores unidos a otros tales como imágenes borrosas, artefactos de compresión, y calibraciones erróneas de la cámara, son las que limitan fundamentalmente a estas tecnologías automáticas (Vučković et al., 2010). Poppe (2007) resume esta causa de error en el rastreo automático indicando que el análisis del movimiento humano presenta dificultades a los sistemas de rastreo debido a las variaciones en la apariencia humana, sus movimientos, la perspectiva de las cámaras de videos y el medio donde se colocan.

Por otra parte, Figueroa, Leite, y Barros (2006) y Barris y Button (2008) indicaron que uno de los mayores problemas para rastrear el movimiento se da cuando los jugadores están muy próximos entre sí, como por ejemplo en saques de esquina y faltas, puesto que éstos sistemas tienen dificultades para distinguir entre los distintos jugadores. Iwase y Saito (2004) resolvieron este problema

poniendo 8 cámaras para conseguir siempre una imagen donde se diferenciase lo mejor posible la posición de cada jugador. Según Barris y Button (2008) algunos sistemas actualmente pueden operar durante largas secuencias de video con múltiples jugadores interactuando, incluso a pesar de las ocultaciones que se puedan producir (Poppe, 2007; Wang, Hu W, Tan 2003), gracias a los avances en los algoritmos de segmentación (Moeslund et al. 2003; Poppe, 2007).

El estudio de Figueroa et al. (2006) explicó cómo se realizaba un rastreo automático del jugador y los diferentes problemas que debe solventar la programación del sistema para poder realizarlo, que se explican a continuación:

1. Segmentación de los jugadores. Lo primero que se hace es establecer un fondo fijo de pantalla, formado por elementos fijos, con el objetivo de diferenciar el entorno por un lado, y los jugadores por otro.



1-Fotograma de futbol. 2- Fondo fijo. 3-Manchas en la imagen segmentada.

*Figura 7. Proceso de segmentación de los jugadores.*

2. El siguiente problema es rastrear y definir las manchas (jugadores), en las que los diferentes programas utilizan diferentes algoritmos. La representación de la mancha (jugador) se realiza como un método de extracción compacto y descripciones estructuralmente significativas de imágenes multiespectrales (Wren, Azarbayejani, Darrell y

Pentland, 1997). Las coordenadas espaciales se añaden a la componente espectral de la imagen formando vectores para cada píxel. Estas coordenadas se agrupan, así que las características de la imagen (similitud de color y tamaño) se combinan y forman coherentes regiones conectadas o “manchas”. El seguimiento de la ubicación de las manchas sobre una superficie de juego es llevado a cabo utilizando las funciones de movimiento (Figueroa et al., 2006).

Sin embargo, a pesar de los avances en los sistemas de rastreo automático, Barris y Button (2008), indicaron que hasta ese momento no existía ningún sistema de rastreo completamente automático que esté comercialmente disponible en el ámbito del rendimiento deportivo. En nuestra búsqueda no hemos encontrado tampoco ninguno.

### **3.1.4. Sistemas de rastreo automático o semiautomático existentes.**

Los sistemas comerciales de rastreo que existen, en su mayoría son semiautomáticos. Hay una gran cantidad de sistemas de rastreo comerciales disponibles semiautomáticos/online (Barris y Button, 2008). Existen sistemas básicos de análisis de video como Dartfish™ (Fribourg, Switzerland), Digital Soccer™ (Italy), Game Breaker™ (Sportstec, Australia) y Utilius VS (CCC-Software, Germany) los cuales, han sido diseñados para proporcionar feedback de rendimiento a los entrenadores y jugadores, con el objetivo de aumentar su rendimiento y aprendizaje.

Sistemas como Game Breaker y Utilius VS no realizan el análisis real, pero editan grabaciones de video para crear presentaciones de video y *videoclips* que permitir un análisis fotograma a fotograma de las habilidades y los movimientos

individuales. Estos actualmente no proporcionan información sobre patrones de movimiento o interacciones de los jugadores.

Hay otros sistemas que requieren que los jugadores lleven puestos dispositivos especiales de rastreo (e.g. TRAKUS™ TKS Inc; Massachusetts) pero frecuentemente no se pueden utilizar en la competición debido al riesgo de seguridad para los jugadores y al impedimento por el reglamento. El TRAKUS™ software es un ejemplo de un sistema de tiempo real personalizado, basado en receptores de microondas los cuales analizan las señales emitidas desde los transmisores que llevan puestos los jugadores a varios reproductores interactivos (Setterwall, 2003). Para dar datos, el sistema TRAKUS™ se ha aplicado en deportes como hockey hielo, golf y deportes de motor. El sistema proporciona datos sobre localización, velocidad, aceleración mantenida e intensidad. También es capaz de reconstruir secuencias de situaciones de juego y crear perspectivas de acción desde diferentes ángulos (Setterwall, 2003).

SoccerMan™ (Berna; Suiza) es un sistema de reconstrucción de juego en fútbol que ha sido diseñado para representar de forma animada en 3D una secuencia de video dada. Esta escena en 3D puede ser examinada desde cualquier punto de vista, sirviendo de ayuda para la verificación de las decisiones arbitrales, análisis en programas de televisión, evaluación del equipo y ayuda al entrenador, y clasificación de las jugadas de futbol (Needham y Boyle, 2001). Inicialmente se calibran 30 cámaras para obtener el fondo del campo de juego y la información del jugador desde la secuencia de video en la que el sistema asume que la cámara se mantiene en la misma posición durante todo el partido.

LucentVision ofrece un producto para analizar y presentar visualmente los partidos de tenis (Setterwall, 2003). Las características del producto incluyen mapas que destacan dónde pasan los jugadores la mayor parte de su tiempo durante un partido, las repeticiones virtuales de las jugadas, dónde la pelota puede ser vista desde cualquier posición y también representa una variedad de estadísticas numéricas (velocidad, distancia). Este sistema es un sistema de información visual de red en tiempo real que logra archivar las jugadas de los deportes utilizando el procesamiento visual. Las técnicas de visión por ordenador se utilizan para rastrear los movimientos de cada jugador, incluyendo la distancia recorrida y la velocidad (Setterwall, 2003).

TRAK RENDIMIENTO™ (Sportstec, Australia) es un sistema basado en video desarrollado por Sportstec que proporciona información de seguimiento de jugadores en tiempo real. El sistema se basa en los operadores para realizar un seguimiento manual de las posiciones del jugador fotograma a fotograma, antes de proporcionar información como la distancia recorrida, la velocidad de los jugadores individualmente, las proporciones de trabajo y descanso, y la posición específica. No se requiere que los jugadores usen dispositivos de transmisión adicionales, lo que significa que también es capaz de rastrear los equipos rivales o las personas. Este programa se comercializa indicando una precisión del 5% de los verdaderos valores y de las velocidades con una precisión de  $\pm 10\%$ .

Los sistemas de análisis de movimiento online desarrollados por empresas como Motion Analysis Corporation (MAC, Santa Rosa, California) capturan el movimiento en formato digital en tiempo real. Estos sistemas se utilizan con frecuencia en la producción de animación y de medición y control industrial. MAC ha desarrollado un sistema digital potente, de 28 cámaras

Eagle-4 que tiene la capacidad de capturar diez jugadores a 60 fotogramas por segundo en un área de captura de 40 x 40 x 15 pies. Los jugadores se preparan con antelación, con marcadores infrarrojos de rastreo que reflejan la luz fijados a varios segmentos corporales. Las cámaras de Eagle-4 capturan el movimiento de los marcadores y el software Motion Analysis Evart™ identifica a los actores de los movimientos en tiempo real. Algunos ejemplos de otras compañías que producen sistemas similares de análisis de movimiento son Vicon™ (Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido), BTS Elite™ (Milán, Italia), y sistemas de captura de movimiento Qualysis™ (Gotemburgo, Suecia). Pfinder™ (Cambridge, Massachusetts) es un sistema en tiempo real de vídeo digital para el seguimiento e interpretación de los movimientos humanos (Wreng et al., 1997).

Pfinder™ utiliza un modelo estadístico multi-clase de color y forma para segmentar la imagen de vídeo y obtener una representación 2D de la cabeza y las manos en una amplia gama de condiciones de visión (Wreng et al., 1997). Estas representaciones en 2D son "manchas" o grupos de píxeles con un color similar y propiedades espaciales de la imagen. Las manchas son automáticamente rastreados por el software que utiliza una técnica de sustracción de fondo para determinar los cambios de posición (Figueroa et al., 2006; Wreng et al., 1997).

Amisco™ (Sport Universal, Niza, Francia) ofrece un sistema de seguimiento que mide todos los objetos que se mueven en el campo de fútbol. El muestreo es a 25 Hz, dando la información en tiempo real, que es proporcionada por los sistemas de captura instalados en todo el estadio. Sin embargo, los operadores deben anotar todas las situaciones que se producen durante todo el partido (Wreng et al., 1997).

Del mismo modo, ProZone™ (West Yorkshire, Inglaterra) es otro sistema de seguimiento de vídeo diseñado para el análisis del fútbol que requiere un elaborado sistema de multi-cámara, que es hecho a medida de los estadios deportivos. Las imágenes de estas cámaras son utilizadas por la empresa ProZone™ para realizar un seguimiento manual de posiciones de los jugadores sobre los cuadrantes que componen el área de juego total. La información sobre la posición de cada jugador se utiliza para proporcionar estadísticas valiosas para el equipo de entrenadores (Needham, 2003; Setterwall, 2003).

Di Salvo, Collins, McNeill, y Cardinale (2006) trataron de validar el sistema de medición ProZone™, a través de 32 análisis de desplazamiento y velocidad en un campo de fútbol. Los participantes realizaron una serie de carreras, mientras que estaban siendo seguidos por el sistema de ProZone™ en diferentes zonas de los Estadios de Old Trafford y Reebok. Los datos de ProZone™ se compararon con los datos recogidos por un sistema de fotocélulas que mide la velocidad por zona durante las mismas carreras (Di Salvo et al. 2006). Los resultados indicaron que la velocidad media registrada por el sistema de ProZone™ durante las carreras de ritmo de 60m y 50m mostraron una excelente correlación ( $r = 0,999$ ) con la velocidad promedio medida por este sistema. Además, el máximo esprint de 15m mostró una correlación ( $r = 0,970$ ). Por lo tanto, se concluyó que ProZone™ representa un sistema de análisis de movimiento válido para el análisis de patrones de movimiento de los jugadores de fútbol en un campo de fútbol (Di Salvo et al., 2006). Además de éstos, Barros et al. (2007) analizaron la distancia cubierta por jugadores de fútbol midiéndola con un sistema de rastreo automático propio llamado DVideo (Campinas, Brazil).

El sistema que empleamos en este estudio, y que en el apartado de metodología describiremos detalladamente, es el sistema de rastreo SAGIT, el cual se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Electrónica de Ljubljana (Eslovenia) en cooperación con la Facultad de Deporte de la misma universidad. El primero en utilizar el sistema de rastreo SAGIT, fue Bon (2001) aplicándolo a un estudio en balonmano. Más tarde también se aplicó en squash (Vučković, 2002), en baloncesto (Vučković y Dezman, 2001), en tenis (Filipic, Pers y Klevisar, 2006), y en pádel Ramon-Llin et al., (2012a, 2012b) y Ramón-Llin et al., (2010-2013). No obstante, el SAGIT no es un sistema comercializado.

No obstante, la mayoría de los sistemas comerciales de los que hemos hablado presentan limitaciones (Barris y Button, 2007). Por ejemplo, la principal limitación de los sistemas SoccerMan™, TRAKPERFORMANCE™ y ProZone™ es que se requiere una intervención manual significativa para hacer un seguimiento preciso de los jugadores. Por lo tanto, similar al análisis notacional, se puede suponer que la exactitud de la información sobre la posición generada por estos dos sistemas dependerá de la formación y experiencia de los observadores. Respecto al sistema MAC, éste es relativamente caro, tiene un volumen de captura limitada, y además las cámaras de infrarrojos para detectar la luz no se pueden utilizar para los deportes al aire libre. Por último, el sistema de rastreo Pfinder™ es limitado por su dependencia de las escenas dinámicas y la suposición de que sólo una persona ocupa un espacio en un instante dado (Wreng et al., 1997).

## **3.2. Estudios relativos a los objetivos de la tesis.**

En este apartado, pretendemos explicar los estudios que analizaron las mismas variables o similares, a las que se pretendió en esta tesis, explicándolos en diferentes subapartados, para facilitar la comprensión del estado actual de la investigación con respecto a cada uno de los objetivos generales de la tesis

### ***3.2.1. Estudios que cuantifican la carga física de competición.***

En este apartado veremos los estudios de características similares que han aportado resultados relativos al primer objetivo general de esta tesis. En el primer subapartado veremos estudios relativos a la distancia recorrida, luego veremos estudios relativos a la velocidad de desplazamiento y finalmente veremos estudios de perfil de movimiento, perfil de intensidad y densidad de carga.

#### ***3.2.1.1. Estudios sobre la distancia cubierta en competición.***

En el apartado 2.2.3 vimos diferentes estudios que habían calculado la distancia recorrida en deportes de raqueta. Pero debido al interés que supone para los entrenadores poder cuantificar el volumen (ver justificación en apartado 1.3), este tipo de estudios ya se han utilizado también en muchas otras modalidades deportivas. Por ejemplo, hay estudios en fútbol (Reilly y Thomas 1976; Ali y Farrally, 1991; Bangsbo et al., 1991; Mayhew y Wenger, 1985; Barros et al., 2007, Harley et al., 2010; Hill-Haas et al., 2010; Jones y Drust 2007; Lago, Casais, Dominguez, y Sampaio, 2010); baloncesto (McInnes, Carlson, Jones, y McKenna, 1995; Abdelkrim, El Fazaa, y El Ati, 2007); rugby (Deutsch, Kearney, y Rehrer, 2007; Docherty et al., 1988; Duthie et al., 2005); hockey hierba (Johnston, Sproule, McMorris, y Maile, 2004; Lothian y Farrally, 1994; Spencer

et al., 2004); netball (Loughran y O'Donoghue, 1990; Steele y Chad, 1991); squash (Eubank y Messenger, 2000); y fútbol playa (Castellanono y Casaminacha 2010; Scarfone et al., 2009).

En fútbol, las investigaciones indican que el esfuerzo que realiza el futbolista va a depender de la posición de juego (Bangsbo, 1994; Di Salvo y Pigozzi, 1998; Reilly, 1997; Reilly y Thomas, 1976). Así Bangsbo (1994) indicó que la distancia media recorrida por los jugadores variaba en función de la posición en el campo entre un rango entre 10 y 11,5 km. Las diferencias de actividad entre cada posición se explicarán en el apartado 3.2.4. Carling (2010) indicó que los jugadores corrieron una distancia  $M=191$ ;  $DT=38$ m con la pelota. Los jugadores corrieron de media  $M=4,2$ ;  $DT=0,7$ m por posesión. Barros et al. (2007) indicaron resultados parecidos  $M=10012$ ;  $DT=1024$ m.

En baloncesto, Erculj et al., (2008) indicaron que se puede establecer que durante la fase activa de un partido (el tiempo de juego), los jugadores cubrieron una distancia  $M= 2476$ ,  $DT= 1058$  m. Las últimas cifras revelan que los jugadores no suelen jugar un partido completo. Por lo tanto, aplicaron una extrapolación para calcular la distancia recorrida durante la fase activa, como si los jugadores hubiesen jugado los 40 minutos, o lo que es lo mismo, todo el partido completo. En este último caso hubieran recorrido una distancia  $M= 4404$  m,  $DT= 354$  m. Añadiendo la distancia recorrida por los jugadores en la fase pasiva del juego, es decir, cuando el reloj de juego no estaba contando, la distancia total sería de 6235 m por partido. Resultados similares tuvo Mahorič (1994) quien estableció que la distancia total recorrida durante un partido fue 6462 m.

En rugby, varios estudios indicaron que las distancias máximas realizadas por los jugadores variaban según la posición (Meir, Colla, y Milligan, 2001; Roberts, Trewartha, Higgitt, El-Abd y Stokes 2008; King, Trish, Jenkins, David, y Gabbett, 2009). Meir et al. (2001), informaron que el rango oscilaba entre los 10000 y 8500 m según la posición. Sin embargo, el estudio de Roberts et al., (2008) obtuvieron resultados inferiores. La distancia recorrida varió en un rango entre 6127 m y 5581 m. Resultados similares obtuvieron King et al. (2009) quienes indicaron que la distancia total recorrida de media por jugador estaba en un rango entre 6486 y 4579 m. Las diferencias de distancia recorrida entre cada una de las posiciones de juego serán comentadas en el apartado 3.2.4.

También en waterpolo femenino, Tan, Polglaze, y Dawson (2009) realizaron un estudio sobre el esfuerzo realizado por jugadoras en un partido. Se evaluó la frecuencia y la duración de los desplazamientos individuales y la distancia nadada. La distancia total recorrida nadando fue de  $M=699,3$ ;  $DT=296,8$  m.

En squash, Vučković et al. (2005) indicaron que la distancia media total recorrida en un juego variaba según el nivel de juego entre 1118 y 617 m por cada set (cada partido se juega al mejor de 3 o 5 sets). Además, la distancia recorrida únicamente en la fase de juego (tiempo activo), es decir, eliminando la distancia del tiempo de descanso, era entre 795 y 435 en función del nivel. Las diferencias entre los 2 niveles las veremos en el apartado 3.2.2. En un estudio posterior, Vučković y James (2010) indicaron a partir de los resultados obtenidos, calcularon que la distancia recorrida por un jugador de nivel alto para un partido completo, de media estaría entre 2385 y 3975 m para partidos a 3 y 5 juegos respectivamente.

En tenis, Comellas y Lopez de Viñaspre (2001) realizaron un estudio de revisión sobre las demandas metabólicas en tenis, de forma general, considerando las superficies de tierra batida, sintéticas y hierba, y también hombres y mujeres, indicaban que la distancia media recorrida por punto estaba entre 8 y 12 m, la distancia media recorrida por set era de 850 m y la distancia media en un partido a 5 sets era de 4250 m. Posteriormente, Suda et al. (2003) indicaron que la distancia recorrida de una jugadora profesional en 82 minutos de juego fue de 6932 m. Más tarde Fernández-Fernández et al. (2009) compararon la distancia recorrida en una hora de partido entre jugadores veteranos de nivel avanzado y recreativo, variando la distancia recorrida entre  $M=3568,8$  m;  $DT= 532,2$  m y  $M=3173,8$  m;  $DT=226$  m, dependiendo del nivel. Finalmente un estudio reciente de Martínez-Gallego et al. (2013) indicó que la distancia recorrida para jugadores de élite en pista cubierta era de entre 81 y 84 m por juego.

En pádel existen estudios sobre la distancia recorrida que se han publicado en congresos recientes. En un estudio preliminar al presentado en esta tesis Ramon-Llin et al. (2010) analizaron 5 partidos de 3 niveles diferentes y indicaron que la distancia media recorrida por partido, variaba en un rango entre 2589 m y 4035m. La distancia media por juego varió entre 130 m y 175 m, en función del nivel. Ramon-Llin et al. (2012a) analizaron al campeón del mundo de pádel del 2010 en un partido del circuito Padel Pro Tour (PPT), donde estudiaron la distancia recorrida, la velocidad de desplazamiento y la frecuencia cardiaca media para el tiempo total, el tiempo activo (bola en juego) y el pasivo(tiempo de descanso). Sus resultados indicaron que en un partido que duró en total 2818 s, el jugador recorrió una distancia total de 2005 m, mientras que para la fase activa del partido (cuando la pelota está en juego) la distancia

recorrida fue de 963 m. Estos mismos autores (Ramón-Llin et al., 2012b) presentaron los resultados de distancia recorrida y promedio de velocidad de desplazamiento en los 4 jugadores de la final del PPT Valencia 2011 indicando que todos los jugadores corrieron más de 6 km, habiendo una distancia promedio de 6225 m para un partido que duró 8004 s. En la fase activa de juego, la media de distancia recorrida fue de 2917 m. En un estudio más reciente, Ramon-Llin et al. (2013) analizaron la distancia media recorrida por punto entre el jugador al saque y su compañero, la distancia media recorrida por punto del jugador al saque variaba en función del nivel entre 14,05 m y 10,51 m, y la de su compañero entre 11,15 m y 8,56 m en función del nivel.

### ***3.2.1.2. Estudios sobre la velocidad de desplazamiento.***

Algunos de los estudios que vamos a ver en este apartado, indican resultados de distancia recorrida y de tiempo, pero sin indicar la velocidad. En estos casos la velocidad fue calculada por la relación  $\text{velocidad} = \text{distancia} / \text{tiempo}$ .

En fútbol, Lago et al. (2010) realizaron un estudio indicando que los jugadores de primera división trabajan con menos actividad de alta intensidad (velocidades superiores a 5,3 m/s) al ganar que cuando se pierde, pero recorren más distancia caminando y trotando cuando ganan. Por cada minuto que iban ganando, la distancia recorrida en intensidades submáximas o máximas disminuyó en 1 metro en comparación con cada minuto que iban perdiendo. Por cada minuto que ganaban, la distancia recorrida al caminar y trotar tuvo un aumento de 2,1 m en comparación con cada minuto cuando iban perdiendo. Los equipos que jugaban en casa cubrieron una distancia superior a los equipos visitantes en la actividad de baja intensidad (velocidades inferiores a 3,9 m/s).

Bangsbo et al. (2004), indicaron que la distancia recorrida en fútbol era de entre 10 y 11,5 km. Si consideramos 94 min la media de duración de un partido de fútbol, podemos calcular que la velocidad de desplazamiento media de los jugadores de fútbol varió en el estudio de Bangsbo et al. (2004) entre 1,77 y 2,04 m/s. En otro estudio, Carling (2010) indicó que la media de velocidad cuando los jugadores recibían la pelota era de  $M=2,86$  m/s;  $DT=0,25$  m/s, mientras que la media y pico en carrera eran de  $M=3,58$  m/s;  $DT=0,28$  m/s y  $M=6,91$  m/s;  $DT=0,67$  m/s respectivamente. Cuando los jugadores estaban en posesión del balón corrieron un 34,3% del tiempo a más de 5,3 m/s, un 25,6% del tiempo entre 3,92 y 5,29 m/s, 12,5% entre 3,08 y 3,89 m/s y 27,6% por debajo de 3,08 m/s.

En baloncesto, Erculj et al. (2008) indicaron que se puede establecer que durante la fase activa de un partido (el tiempo activo de juego) los jugadores se movieron a una velocidad de  $M=1,86$  m/s;  $DT=0,16$  m/s.

Como ya vimos en el apartado anterior, en rugby, King et al. (2009) indicaron que las distancias máximas realizadas por los jugadores de segunda línea variaron fueron 6486, entre 4579 m. Sabiendo que un partido de rugby por reglamento dura 80 minutos, y añadimos 4 por el tiempo de descuento, teóricamente la velocidad media de desplazamiento de los jugadores hubiera sido de entre 1,29 y 0,91 m/s. Estos valores fueron inferiores a los aportados anteriormente por Meir, Colla, y Milligan (2001), quienes observaron que los delanteros cubrieron aproximadamente 10.000 m, y los defensas alrededor de 8.500 m. En este segundo caso, si calculamos la velocidad media ésta hubiera sido de 1,98 m/s para los delanteros y 1,69 m/s para los defensas.

Roberts et al. (2008) realizaron un estudio de los desplazamientos de jugadores de rugby basado en las velocidades de desplazamiento, siendo los movimientos clasificados en permanecer de pie, caminar, trotar y correr a mediana intensidad (actividades de baja intensidad), y correr a alta intensidad, esprint, y esfuerzos estáticos (actividades de alta intensidad). Los jugadores recorrieron una distancia mayor en los primeros 10 min en comparación con los periodos de entre 50-60 y 70-80 min, pero no hubo diferencias en la cantidad de actividad de alta intensidad realizada durante 10 min consecutivos durante períodos de tiempo de juego.

En hockey, Spencer et al. (2004) realizaron un estudio en un partido internacional de hockey hierba, aunque no indicaron la velocidad media de desplazamiento, si señalaron que la mayor parte del tiempo de juego los jugadores la pasaron en desplazamientos de baja intensidad (M=46,5%; DT= 8,1% andando; M=40,5%; DT=7,0% trotando y M=7,4%; DT= 0,9%, de pie respectivamente). Las proporciones de tiempo caminando y esprintando fueron de M=4,1 %; DT=1,1% caminando y M=1,5 %; DT= 0,6 % esprintando,)

En waterpolo femenino, Tan et al., (2009) realizaron un estudio sobre el esfuerzo realizado por jugadoras en un partido. Se evaluó la frecuencia y la duración de los desplazamientos individuales y la distancia nadada. La media de duración del partido y del tiempo de juego fueron de M=4188 s; DT=270 s y M=1994 s; DT= 840 s, respectivamente La distancia total recorrida nadando fue de M=699,3 m; DT=296,8 m. En este caso, si calculamos la velocidad media de desplazamiento del partido, a partir de los datos de distancia y tiempo, esta fue de 0,17 m/s. También se observó que la intensidad del ejercicio disminuía a medida que avanzaba el partido, probablemente debido a la fatiga en los últimos periodos.

En squash, como ya vimos en el apartado anterior Vučković et al. (2005) indicaron que la distancia total recorrida en un juego media del jugador de squash variaba según el nivel de juego entre 1118 y 617 m. Teniendo en cuenta que el tiempo de partido varió entre 1005 y 591 s, podemos calcular que la velocidad media de desplazamiento también varió entre 1,11 y 1,04 m/s. Además, la distancia recorrida en la fase de juego, es decir, eliminando la distancia del tiempo de descanso, era entre 795 y 435 en función del nivel. En este caso, al ser el tiempo activo acumulado de 547 y 335 s, la velocidad media de desplazamiento para el tiempo de juego estaba entre 1,45 y 1,30 m/s.

En tenis, Filipcic (2005) indicó, para un partido de una jugadora profesional femenina, que su velocidad media de desplazamiento fue de 1,41 m/s. Fernández-Fernández et al. (2009), indicaron que jugadores veteranos se desplazaron entre 1,06 y 1,39 m/s en función del nivel. Martínez Gallego et al. (2013), analizaron 8 partidos de elite en pista rápida, indicando que la mediana de velocidad de desplazamiento de los jugadores durante las fases de descanso estaba entre 0,40 m/s y 1,12 m/s. Sin embargo, para las fases de juego activas, la mediana de velocidad estaba entre 1,33 y 1,38 m/s en función del ganador del juego.

En pádel, Ramon-Llin, et al. (2012a) y analizaron al campeón del mundo de pádel 2010 en un partido del circuito Padel Pro Tour (PPT), muy poco disputado en el que venció, indicando que la velocidad de desplazamiento de media en el tiempo total era de 0,71 m/s, 0,5 m/s para el tiempo de descanso y de 1,22 m/s para el tiempo de juego. En otro partido de élite mucho más disputado, Ramon-Llin et al. (2012b) indicaron que la velocidad media de desplazamiento de los jugadores para el tiempo total de partido estaba en un

rango entre 0,75 y 0,81 m/s, para el tiempo de descanso ese rango iba de 0,55 a 0,66 m/s y para la fase activa de juego, el rango iba de 1,15 a 1,22 m/s.

### ***3.2.1.3. Estudios sobre la densidad de la carga de competición o variables temporales.***

En fútbol, Reilly y Thomas (1976) indicaron que se realizaba un esprint de 15 m cada 90 s. indicando que el 25% de la distancia recorrida se hacía andando, 37% trotando, 20% corriendo, 11% esprintando y 7% en carrera hacia atrás. Pero en este deporte la actividad varía según la posición de juego. Los centrocampistas parecen participar durante el juego de baja y moderada intensidad con más frecuencia y durante períodos más largos (Bangsbo, 1994), y también están parados durante un tiempo significativamente menor que los otros jugadores de campo (O'Donoghue, 1998), traduciéndose en que realizan mayor distancia cubierta que los defensores y los delanteros. Sin embargo, los delanteros llevan a cabo los recorridos de velocidad máxima y la mayoría de los de mayor duración, seguido de centrocampistas y defensas (O'Donoghue, 1998).

Rienzi et al. (2000) también identificaron que los defensores realizan movimientos de desplazamiento hacia atrás en mayor medida que los delanteros, y además con mayor intensidad en los desplazamientos hacia atrás y laterales, los cuáles son movimientos que requieren un gasto energético más elevado, en torno a un 20-40% más en comparación con los desplazamientos hacia adelante (Reilly, 2003; Williford et al., 1998). Un estudio de Carling (2010) en que analizó 28 jugadores de fútbol indicando una media de tiempo de posesión de  $M=53,4$  s;  $DT=8,1$  s. Cuando los jugadores estaban en posesión del balón corrieron un 34,3% del tiempo a más de 5,31 m/s, un 25,6% del tiempo

entre 3,92 y 5,3 m/s, 12,5% entre 3,08 y 3,92 m/s y 27,6% por debajo de 3,08 m/s.

El fútbol playa Scarfone et al., (2009) señalaron que es un deporte intermitente de muy alta intensidad cuyo perfil fisiológico muestra que más de la mitad del tiempo se dedica a intensidades superiores al 90% de la frecuencia cardiaca máxima, por lo que se requieren grandes cantidades de energía a través del sistema anaeróbico. Castellano y Casamichana (2010) indicaron que la distancia recorrida por minuto de juego es de alrededor de 100 m con una relación trabajo: descanso de 1,4:1. La duración y la distancia recorrida a alta intensidad son cortas pero repetidas, dando prioridad en el entrenamiento a las acciones intermitentes de alta intensidad y de corta duración, con pausas que duran menos que el tiempo de trabajo.

En baloncesto, McInnes, Carlson, Jones, y McKenna (1995) indicaron que la relación trabajo : descanso estaba en un rango entre 1:1 y 1:3 s. Erculj et al. (2008), indicaron que teniendo en cuenta que en el baloncesto el tiempo de ataque está limitado a 24 segundos, el equipo atacante normalmente sólo puede encontrar una oportunidad para un tiro limpio y / o marcar una canasta a través de un juego dinámico y de movimientos intensivos. La misma intensidad de movimientos deben ser producidos por el equipo de la defensa si se desea bloquear o dificultar al menos un lanzamiento y, en consecuencia, una canasta. Durante un partido, un equipo ejecuta de media, alrededor de 90 ataques (Dezman, 2003) y la mayoría de ellos consisten en un rápido contraataque si es posible seguido de un ataque posicional. La transición de ataque a la defensa (balance defensivo) debe ser muy rápida para evitar que el equipo contrario anote fácilmente en el contraataque. El aumento de la intensidad (velocidad) y la distancia recorrida en gran parte puede deberse a las llamadas defensas

presionantes, que se han vuelto muy comunes en el baloncesto moderno, cada vez más rápido y dinámico. A pesar de esto, hay que señalar que este estudio se basó en los juegos de los play-offs del campeonato nacional de Eslovenia, que son muy específicos en términos tácticos.

Meir et al. (2001), observaron que el porcentaje de tiempo dedicado a completar las actividades de alta intensidad cuando se expresaba en relación a la cantidad total de tiempo de ejercicio (es decir, excluyendo el tiempo de banquillo), había poca diferencia en el tiempo dedicado a actividades de alta intensidad entre los tres grupos de posición. Los valores aportados para posición retrasada lateral (en inglés *outside backs*), posición intermedia (en inglés *adjustables*) y posición avanzada (en inglés *hit-up forward*) fueron de aproximadamente de 17, 15,9 y 16,5 % respectivamente. El porcentaje de tiempo dedicado por los jugadores para realizar actividades de baja intensidad, fue de 83,0, 84,1 y 84,5% respectivamente. Estos valores fueron similares a los aportados previamente por Meir, Arthur, y Forrest (1993), según los cuales el tiempo empleado en actividades de baja intensidad fue de aproximadamente 85,9 y 93,7% para los delanteros y los defensas respectivamente. La relación ejercicio : descanso (de alta intensidad : baja intensidad) de defensas y delanteros fue de 1:6 y 1:5 respectivamente. Estos valores fueron inferiores a los aportados posteriormente para el “pilar derecho” (1:7), talonador (1:10), medio apertura (1:12), y los extremos (1:28) (Meir et al., 2001).

En hockey, Spencer et al. (2004) realizaron un estudio en un partido internacional de hockey hierba. La mayor parte del tiempo de juego los jugadores la pasaron en desplazamientos de baja intensidad (M=46,5%; DT=8,1% andando, M=40,5%; DT=7% trotando y M=7,4%; DT=0,9% de pie, respectivamente). Las proporciones de tiempo caminando y esprintando fueron

de  $M=4,1\%$ ;  $DT=1,1\%$  y  $M=1,5\%$ ;  $DT=0,6\%$ , respectivamente. El criterio para actividades de esprint repetidas, (definidos como un mínimo de 3 esprint con una media de recuperación entre esprint de menos de 21 s) se obtuvo en 17 ocasiones durante el partido (total para todos los jugadores) con una media de 4+1 esprint por periodo.

En waterpolo femenino, Tan et al. (2009) indicaron una media de duración del partido y del tiempo de juego de  $M=4188$  s;  $DT=270$ s y  $M=1994$  s;  $DT=880$  s respectivamente. Las jugadoras realizaron  $M=330$ ;  $DT=158$  desplazamientos por partido, produciéndose un cambio de desplazamiento cada 6,2 s. Hubo  $M=54$ ,  $DT=25$  acciones de alta intensidad por partido, es decir, una cada 38,4 s. Estos resultados caracterizaron el waterpolo femenino como un deporte intermitente de alta intensidad. Hubo diferencias en las posiciones de juego, que mostraban una predominancia de lucha mayor en los jugadores centrales (253 vs. 113 s;  $p < ,001$ ), y también mayor esprint a nado en los jugadores extremos (129 vs. 52 s;  $p < ,001$ ). Las jugadoras realizaron  $M=6,7$ ;  $DT=3,5$  acciones de alta intensidad de lucha por partido, indicando que esta faceta del juego es importante en el waterpolo.

En squash Vučković et al. (2005) indicaron que en nivel de juego internacional, el tiempo activo o de juego era de media 547 s frente a 458 s dedicados al tiempo de descanso. En nivel nacional el tiempo activo fue de 335 s mientras que el pasivo fue de 256 s. En este caso podemos calcular que, el tiempo en que el punto estaba en juego representó entre un 54 y un 56% del tiempo total.

En bádminton O'Donoghue y Liddle (1998) indicaron que en categoría masculina el punto duraba de media  $M=9,15$  s;  $DT=0,43$  s y el tiempo de

descanso entre puntos era de  $M=13,84$  s;  $DT=1,16$  s. El tiempo que duraba el punto de media representa un 66% del tiempo de descanso.

En tenis, Comellas y Lopez de Viñaspre (2001) realizaron una revisión sobre las demandas metabólicas en tenis indicando que, de forma general, considerando superficies de tierra batida, sintéticas y hierba, y también hombres y mujeres, la duración media de un punto era entre 6 y 10 s, 4,3 s en caso de pista rápida y además indicaban que el tiempo real de juego era de un 22% sobre el total. También señalaron que el promedio de puntos por juego era de 6,2 y el promedio de puntos por set era de 62. Además apuntaron un perfil de movimientos en el que el 40% de la distancia recorrida se hace caminando, el 47% de los desplazamientos son hacia delante frente a un 48% laterales y un 5% hacia atrás.

En otro estudio en tenis, Fernández, Méndez y Pluim (2006) indicaron que el tiempo efectivo de juego se hallaba comprendido entre el 16,3%, de un estudio de Smeakal et al. (2001) en jugadores masculinos de nivel nacional, y el 27,9% de Reilly y Palmer (1994) en jugadores de club. El intervalo de relación trabajo : descanso iba de un rango de 1:1,7 s en un estudio de Christmas et al. (1998) con jugadores masculinos estatales hasta un ratio de 1:3,4 s en el estudio previamente mencionado de Smeakal et al. (2001). Fernández et al. (2006) también señalaron que el punto en pista rápida duraba en un rango entre 5,3 s (Reilly y Palmer, 1994) y 10,2 s (Christmas et al., 1998). En pista de tierra el rango de duración del punto iba de 6,4 s (Smeakal et al., 2001) a 7,7 s (O'Donoghue y Ingram, 2001) y finalmente, en pista de hierba el punto duraba de media 4,3 s (O'Donoghue y Ingram, 2001).

En pádel Almonacid (2012) realizó un análisis notacional técnico y táctico en 8 partidos de categoría masculina y femenina del circuito del pádel pro-tour, comparando los tiempos de juego y de descanso, indicando que el tiempo de descanso era similar al tiempo que duraba el punto. La media de duración del tiempo activo (bola en juego) por set fue de 949 s en un rango entre 505 s de mínimo y 1804 s de máximo tiempo. El tiempo de descanso de media en un set fue de 932 s en un rango entre 493 s y 1796 s. También añadió que el número de puntos disputados por set fue de media 64 entre un mínimo de 37 y un máximo de 112 puntos. Finalmente señalaron que la media de duración de los puntos por partido fue de 15 s, y esa media en algunos partidos llegó a ser de 10 s mientras que en otros la media llegó a ser de 20 s. Sañudo et al. (2007) indicaron que el tiempo medio de cada punto era de 7,24 s, el tiempo medio por juego era de 71,43 s y la relación tiempo de juego tiempo de descanso era de 1:0,79. Ramon-Llin et al. (2012a) obtuvieron que el campeón del mundo estuvo 791 s en fase activa frente a 2021 s en fase pasiva.

### ***3.2.2. Estudios que comparan niveles de rendimiento deportivo.***

En tenis, Taylor y Hughes (1995) compararon los patrones de juego de jugadores de categoría junior británicos, europeos y americanos/canadienses. Para realizar el análisis del patrón de juego, dividieron la pista en cuatro zonas, anotando los tipos de golpes realizados en cada una de ellas, así como el resultado del golpe. Hizan et al. (2011) analizaron los mismos golpes (saque y resto) pero comparando jugadores profesionales, jugadores de alto nivel menores de 16 años y jugadores de alto nivel menores de 12 años tanto masculinos como femeninos. Las variables que compararon entre los distintos grupos fueron el porcentaje de primeros y segundos servicios, el porcentaje de

puntos ganados con estos mismos golpes, y el porcentaje de puntos ganados restando primeros y segundos servicios.

En otro estudio en tenis, Fernández-Fernández, et al., (2009) llevaron a cabo un estudio en el cual examinaban las diferencias en el perfil de actividad y las demandas fisiológicas entre jugadores veteranos de nivel avanzado y recreativo. En él indicaron, por un lado, que los jugadores de nivel avanzado recorrieron una distancia significativamente mayor que los jugadores de nivel recreativo (para una hora de partido 3568,8 m; DT= 532,2 s vs. 3173,8 m; DT= 226 m,  $p < ,019$ ) y, por otro, que la velocidad media de los desplazamientos de los jugadores de nivel avanzado fue significativamente menor que la de los jugadores de nivel recreativo.

Hughes (1985) comparó la distribución de golpes en jugadores de squash para ver las diferencias entre jugadores recreacionales, regionales y nacionales. Vučković et al. (2005) utilizaron un algoritmo de rastreo del movimiento para comparar los perfiles de trabajo de jugadores nacionales e internacionales de squash en partido. La información relativa a los patrones de movimiento de los jugadores fue entonces presentada gráficamente mediante trayectorias espacio-temporales, las cuales mostraban 2 diagonales sobre la pista con la típica forma "X" de los patrones de desplazamiento de diversas intensidades y magnitudes realizadas por ambos grupos de jugadores. La similitud de las trayectorias de los jugadores indicó el empleo de una táctica de juego similar para los 26 jugadores de diferentes habilidades. Sin embargo, las diagonales más cortas en las trayectorias de los desplazamientos fueron observadas en los jugadores de nivel nacional, indicando que estos juegan con menos precisión que los jugadores de nivel internacional, lo que afectó directamente a la distancia recorrida y ritmo de trabajo del oponente. Señalaron que se corre más

distancia a mayor nivel de juego (M = 795,19 m; DT = 305,48 m, para jugadores de nivel internacional; M = 435,72 m; DT = 231,25 m, para jugadores de niveles inferiores).

En pádel, Ramón-Llin et al. (2010) compararon la distancia recorrida en 3 niveles de juego, alto medio y bajo, indicando una media de distancia en 5 partidos analizados en cada nivel, de 3099,5, 4035,3 y 2588,6 m respectivamente. Ramon-Llin y Guzmán (2012) compararon un partido de nivel alto y otro de nivel bajo, en cuanto a la distancia recorrida y la velocidad media de desplazamiento. Durante la fase activa de juego, en nivel alto, los jugadores promediaron una velocidad de 1,16 m/s frente a 1,09 m/s en nivel bajo. En cuanto a la distancia total recorrida, en nivel alto los jugadores promediaron una distancia de 1859 m y 220 m los de nivel bajo. Para la fase activa de juego, los jugadores de nivel alto promediaron 849 m frente a los 1093 m promediados en nivel bajo. Posteriormente, Ramón-Llin et al. (2013) compararon la distancia recorrida en cada punto por el jugador que saca y su compañero en 3 niveles de juego alto medio y bajo, encontrando diferencias significativas en todos los niveles, a favor del jugador que saca.

### ***3.2.3. Estudios que comparan la carga física entre ganadores y perdedores.***

Como ya hemos visto en el apartado 3.2.1.2, Lago et al. (2010) realizaron un estudio en 22 equipos de 1<sup>º</sup> división española aportando datos interesantes en cuanto a las diferencias entre los ganadores y perdedores, así como entre los equipos cuando jugaban en casa o fuera de casa, indicando que los jugadores de primera clase trabajaban con menos actividad de alta intensidad (5,31 m/s) al ganar que cuando perdían, pero recorrían más distancia caminando y trotando

cuando ganan. Por cada minuto que iban ganando, la distancia recorrida en intensidades submáximas o máximas disminuyó en 1 m ( $p < ,05$ ) en comparación con cada minuto que iban perdiendo. Por cada minuto que ganaban, la distancia recorrida al caminar y trotar tuvo un aumento de 2,1 m ( $p < ,05$ ) en comparación con cada minuto cuando iban perdiendo. Asimismo, los equipos que jugaban en casa cubrieron una distancia superior a los equipos visitantes en la actividad de baja intensidad (menor que 3,92 m/s) ( $p < ,01$ ).

En squash, Hughes y Franks (1994), informaron que los perdedores corrían una distancia mayor, sugiriendo que el éxito se basaba en la táctica de mover al rival. Sin embargo, Vučković et al. (2004) observaron que los ganadores corrían mayor distancia cuando la pelota estaba en juego. Lo atribuyeron a los desplazamientos ocasionados tras el servicio hacia la "T", y además teniendo en cuenta que los ganadores sacaban un mayor número de veces. Así, Vučković y James (2010) señalaron que las diferencias en rendimiento entre ganadores y perdedores eran muy pequeñas, e incluso a veces el perdedor de un partido ganaba más puntos que el ganador del partido. En consecuencia, indicaron que el resultado se debía comparar por punto y no por partido. De esta forma, señalaron que los perdedores corrían una mayor distancia para puntos cortos, medios, largos y muy largos.

En tenis, Filipčić (2006) comparó ganadores y perdedores señalando que los indicadores que marcaban la diferencia eran el porcentaje de puntos ganados con el primer y segundo servicio, y el porcentaje de primeros servicios buenos y restos buenos. Martínez-Gallego (2012) indicó que los ganadores corrían más distancia, asociándolo a exitosas tácticas defensivas.

En pádel Almonacid (2012), realizó un análisis notacional técnico y táctico en 8 partidos de categoría masculina y femenina del circuito del pádel pro-tour, comparando las variables como tipo de golpe y efectividad de golpe, o cuantificación de los tiempos de juego y de descanso, entre los ganadores y los perdedores de cada set, indicando que en categoría masculina el vencedor del set era el que cometía menos errores no forzados. En categoría femenina se observó que ganaron el set las parejas que cometían menos errores, tiraban menos globos y realizaban menos golpes de ataque. Ramón-Llin et al. (2012b) compararon la distancia recorrida entre ganadores y perdedores, en una final del pádel pro tour, siendo uno de los jugadores de la pareja ganadora el que mayor distancia corrió de todos (3004 m) y su compañero fue el que menos distancia corrió de todos (2826 m). Ramon-Llin y Guzmán (2012) compararon la velocidad de desplazamiento y la distancia entre ganadores y perdedores, en 2 niveles de juego, alto y bajo. En nivel alto, no hubo diferencias en la velocidad de desplazamiento entre ganadores y perdedores (1,16 frente a 1,17 m/s respectivamente) y en nivel bajo (1,05 frente a 1,1 m/s respectivamente).

#### ***3.2.4. Estudios que comparan la carga física en función del rol o la posición del jugador en el campo.***

Seguidamente veremos diferentes deportes que han investigado como cambia el rendimiento en función de la posición del jugador en el campo. En fútbol, las investigaciones indican que el esfuerzo que realiza el futbolista va a depender de la posición de juego (Bangsbo, 1994; Di Salvo y Pigozzi, 1998; Reilly, 1997; Reilly y Thomas, 1976). Así Bangsbo (1994) indicó que los jugadores defensores y los atacantes corren una distancia media parecida 10-10,5 km, mientras que los centrocampistas corren una distancia significativamente mayor 11,5 km.

En rugby, se han estudiado claramente la demanda de actividad de los jugadores según la posición en el campo, Así, King, et al. (2009) indicaron que las distancias máximas realizadas por los jugadores de posición más retrasada (que incluyen full-back, wing, and centre positions) fueron de 6265 m, mientras que para los jugadores de posición intermedia (que en inglés incluyen *defensas adelantados, talonador, jugadores en posiciones de 5 a 8, delanteros en fila retrasada*) fue de 5908 m y finalmente los más adelantados (*pilares y segunda línea*) cubrieron 4310 m respectivamente.

Los valores de King et al. (2009) fueron inferiores a los aportados anteriormente por Meir et al. (2001), ya que estos últimos observaron que los delanteros cubrieron aproximadamente 10 km y los defensas alrededor de 8,5 km. King et al. (2009) también indicaron que en relación a la cantidad total de tiempo de ejercicio (es decir, excluyendo el tiempo de banquillo), había poca diferencia en el tiempo dedicado a actividades de alta intensidad entre los tres grupos de posición. Los valores aportados para posición retrasada, posición intermedia y posición avanzada, fueron de 17,0, 15,9 y 16,5 % respectivamente. El porcentaje de tiempo dedicado por los jugadores para realizar actividades de baja intensidad, fue de 83,0, 84,1 y 84,5% respectivamente.

Meir et al. (1993) obtuvieron resultados similares, según los cuales el tiempo empleado en actividades de baja intensidad fue de aproximadamente 85,9 y 93,7% para los delanteros y los defensas respectivamente. La relación ejercicio-descanso (de alta intensidad: baja intensidad) fue de 1:6 en los defensas y 1:5 en los delanteros respectivamente. Estos valores fueron inferiores a los aportados posteriormente para el “pilar derecho” (1:7), talonador (1:10), medio apertura (1:12), y los extremos (1:28) (Meir et al., 2001).

En otro estudio en rugby, Roberts et al. (2008) analizaron los desplazamientos de jugadores de rugby indicando que los defensas realizaron más distancia total que los delanteros (6127 m vs 5581 m) y mayor distancia al caminar (2351 m, vs 1928 m) y carrera de alta intensidad (448 m vs 298 m). Los delanteros realizaron más actividad de alta intensidad que los defensas (549 s vs 184 s), lo cual es atribuible a pasar más tiempo en ejercicio estático (536 s vs 78 s), aunque los defensas pasaron más tiempo en carrera de alta intensidad (52 s vs 79 s).

En waterpolo femenino, Tan et al., (2009) mostraron una predominancia de lucha mayor en los jugadores centrales (253s vs 113 s), y también mayor esprint a nado en los jugadores extremos (129s vs 52 s).

En tenis este tipo de investigación ha ido enfocada a comparar la actividad del jugador en función de si está sacando o restando. Entre los estudios más actuales se encuentra el llevado a cabo por Gillet et al. (2009), en el que relacionaron las zonas a las cuales eran dirigidos los servicios y los restos, así como los efectos de estos golpes, con el porcentaje de puntos ganados en Roland Garros. Hizan et al. (2011) analizaron los mismos golpes (saque y resto) pero comparando jugadores profesionales, jugadores de alto nivel menores de 16 años y jugadores de alto nivel menores de 12 años tanto masculinos como femeninos. Las variables que compararon entre los distintos grupos fueron el porcentaje de primeros y segundos servicios, el porcentaje de puntos ganados con estos mismos golpes, y el porcentaje de puntos ganados restando primeros y segundos servicios. También Reid et al. (2010), indicaron una ecuación que predecía el ranking del jugador en base al porcentaje de puntos ganados con 2º servicio, o restando 2º servicio del rival.

En pádel, Almonacid (2012) realizó un análisis notacional técnico y táctico en 8 partidos de categoría masculina y femenina del circuito del pádel pro-tour, comparando las variables como tipo de golpe y efectividad de golpe, o cuantificación de los tiempos de juego y de descanso indicando que la participación de los 2 jugadores de la pareja era cercana el 50 % señalando por tanto, una gran igualdad entre ambos componentes. Sin embargo, también apuntaba que existía una tendencia a orientar el juego de ataque hacia uno de los 2 rivales, y el juego de defensa hacia el otro jugador rival. Ramón-Llin et al. (2013) indicaron que había diferencias significativas ( $p < ,001$ ) en la distancia recorrida, siendo mayor para el jugador que sacaba que para el que restaba en 3 niveles diferentes de juego. Así, los valores en todos los niveles fueron siempre mayores por el jugador que sacaba, siendo en nivel alto estos valores de la mediana en la distancia recorrida por punto fueron de 10,7 y 7,5 m, mientras que en nivel medio los valores fueron de 9,20 y 6,62 m y finalmente en nivel bajo fueron de 8,4 y 6,1 m.



## **CAPÍTULO 4**

---

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**



## 4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

### 4.1. Objetivos.

Los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

**Objetivo general nº 1:** Cuantificar la magnitud de carga física de competición en pádel .

Pensamos que las fases de juego pueden influir sobre los resultados, y por tanto el tiempo total de partido se descompone en tiempo activo = fase activa (bola en juego) y tiempo pasivo = fase pasiva (descanso entre puntos) de forma que de este objetivo general nº 1, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- 1.1. Cuantificar el volumen de carga, a través de la distancia recorrida de cada jugador por partido, en cada fase de juego.
- 1.2. Cuantificar el volumen de carga, a través de la distancia recorrida de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.
- 1.3. Determinar la correlación existente entre la distancia recorrida por partido, el tiempo de partido y el número de puntos disputados, en cada fase de juego.
- 1.4. Cuantificar la intensidad de carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en cada fase de juego.
- 1.5. Cuantificar la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido.
- 1.6. Comparar la carga física en pádel con otros deportes.

**Objetivo general nº 2:** Analizar la magnitud de carga física entre 3 niveles de juego.

De este objetivo general nº 2, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- 2.1. Comparar la distancia recorrida en tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento.
- 2.2. Comparar la velocidad media de desplazamiento tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento.
- 2.3. Comparar la densidad de carga, a través del ratio tiempo activo/tiempo pasivo de cada partido entre 3 niveles de rendimiento.

**Objetivo general nº 3:** Analizar las diferencias de volumen de carga física, a través de la distancia recorrida, entre ganadores y perdedores.

Vučković y James (2010) señalaron que dado que las diferencias en rendimiento entre ganadores y perdedores son muy pequeñas, e incluso a veces el perdedor de un partido ha ganado más puntos que el ganador del partido, consideramos que de este objetivo general nº 3, se establecieran los siguientes objetivos específicos:

- 3.1. Comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada partido.
- 3.2. Comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto.
- 3.3. Comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto, controlando la variable nivel de disputa del partido.

3.4. Comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento.

**Objetivo general nº 4:** Analizar las diferencias de volumen de carga física en función del rol del jugador y de la posición en la pista.

De este objetivo general nº 4, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

4.1. Comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto.

4.2. Comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento.

4.3. Comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto.

4.4. Comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable mano dominante.

4.5. Comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento.

## 4.2. Hipótesis.

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

### Hipótesis relativas al objetivo general nº 1:

1. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.1. La distancia recorrida durante la fase activa de juego será parecida a la recorrida en la fase pasiva de juego.
2. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.2. Al cuantificar la distancia recorrida habrá una gran variabilidad debido a que también hay una gran variabilidad en la duración de cada partido. La variabilidad aumentará cuando la unidad de juego se reduzca de partido, a set, de set a juego y de juego a punto. La distancia recorrida calculamos que disminuirá cerca de 1/2 al comparar set y partido, se reducirá cerca de 1/9 al comparar set y juego, y se reducirá cerca de 1/6 al comparar juego y punto.
3. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.3. Las variables, distancia recorrida por partido, tiempo de juego y número de puntos disputados tendrán una correlación muy alta entre ellas. Pensamos que en los partidos que más puntos se disputen, al durar más, el jugador tendrá más tiempo para recorrer una mayor distancia.
4. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.4. La velocidad de desplazamiento media de cada jugador será mayor en las fases activas de juego que en las fases pasivas.

5. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.5. La relación tiempo de juego y tiempo de descanso será mayor en la fase pasiva siguiendo la tendencia de Ramón-Llin et al. (2012a).

6. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.6. La distancia recorrida en pádel será similar a la recorrida en tenis, mayor que en squash y menor que deportes como fútbol o rugby. La velocidad media de desplazamiento será menor al tenis ya que hay menos espacio para alcanzar grandes velocidades. Sin embargo, pensamos que la media de duración del punto será superior al tenis y al squash, y por tanto, la relación trabajo : descanso será también mayor que en esta 2 últimas modalidades.

### **Hipótesis relativas al objetivo general 2.**

7. Hipótesis relativa al objetivo específico 2.1. La distancia recorrida será mayor en el nivel que más hayan durado los partidos o más promedio de puntos disputados haya por partido.

8. Hipótesis relativa al objetivo específico 2.2. La velocidad de desplazamiento será parecida en los 3 grupos, pero cuando se controlen las fases de juego, la velocidad en tiempo activo se incrementará con el aumento de nivel, debido a un mayor ritmo de juego.

9. Hipótesis relativa al objetivo específico 2.3. La relación tiempo de juego : tiempo de descanso aumentará con el aumento de nivel, debido a que el punto durará más tiempo por un mayor equilibrio ataque defensa.

### **Hipótesis relativas al objetivo general 3.**

10. Hipótesis relativa al objetivo específico 3.1. No se encontrarán diferencias en cuanto a la distancia recorrida por partido debido a que los perdedores ganan un porcentaje cercano al 50% de los puntos.

11. Hipótesis relativa al objetivo específico 3.2. Los perdedores del punto correrán más distancia al igual que pasa en algunos estudios precedentes de squash (Hughes y Franks, 1994), debido a un mayor éxito de la estrategia de mover al oponente.

12. Hipótesis relativa al objetivo específico 3.3. Las diferencias en una mayor distancia recorrida por punto en el caso de los perdedores, se acentuarán en los partidos poco disputados y desaparecerán en los partidos muy disputados.

13. Hipótesis relativa al objetivo específico 3.4. Los perdedores correrán más distancia por punto que los ganadores al menos en nivel alto y medio debido al éxito de mover al rival, y en bajo probablemente no haya diferencias debido a una gran disparidad de estrategias de juego.

#### **Hipótesis relativas al objetivo general 4:**

14. Hipótesis relativa al objetivo específico 4.1. Por orden de mayor a menor, en cada punto correrá más distancia, el que saca (que muchas veces sube a la red), luego el que resta (que muchas veces se tiene que desplazar para restar), luego el compañero del que saca y finalmente el compañero del que resta.

15. Hipótesis relativa al objetivo específico 4.2. Las diferencias de distancia recorrida en cada punto en función del rol explicadas en la

hipótesis 13 relativa al objetivo 4.1 aparecerán en 3 niveles de juego, pero serán mayores al aumentar el nivel.

16. El jugador de revés correrá más distancia que el de derecha ya que si la mayoría son diestros, las pelotas en el medio quedan para golpear de drive al jugador del revés.

17. En los partidos que hay un zurdo jugando en la posición del deuce (derecha) y un diestro en la posición de la ventaja, no habrá diferencias en la distancia recorrida, y si encontraremos esas diferencias en los partidos en que ambos son 2 diestros.

18. En todos los niveles el jugador de revés correrá más distancia que el de derecha, pero habrá mayores diferencias en los niveles altos.



## CAPÍTULO 5

---

### MÉTODO



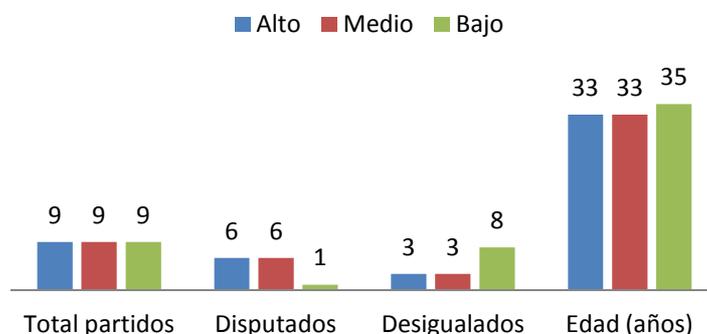
## 5. MÉTODO.

### 5.1. Muestra.

La muestra de este estudio estuvo compuesta por 27 partidos de pádel, en los cuales se disputaron 60 sets, 536 juegos y 3537 puntos donde el juego continuaba tras el servicio. Los partidos fueron clasificados en disputados y no disputados. La muestra de partidos disputados (n=13) estaba compuesta por partidos de nivel alto (n=6), partidos de nivel medio (n=6) y partidos de nivel bajo (n=1). El resto de partidos fueron clasificados como no disputados. Todos los partidos fueron grabados durante 2 torneos organizados por la Federación Valenciana de Pádel en 2010, en unas instalaciones con pistas cubiertas durante los meses de septiembre y noviembre de ese mismo año. La muestra estaba dividida en 9 partidos de nivel alto, 9 partidos de nivel medio y 9 de nivel bajo.

Los partidos fueron disputados por 91 jugadores, divididos en tres niveles: alto, medio y bajo. Los participantes de nivel alto (n=36) tenían una edad de M=33,3; DT=6,9 años. Los participantes de nivel medio (n=36) M=33,1; DT=6,9 años y, finalmente, los participantes de nivel bajo (n=36) tenían una edad de M=35,4; DT=6,8 años. Todos los jugadores eran diestros, excepto 4 de ellos que eran zurdos (3 jugaron en nivel alto y 1 en bajo). A todos los participantes se les requirió firmar su consentimiento para participar en este estudio, y utilizar las grabaciones con fines exclusivamente científicos (ver anexo nº 1). También se obtuvo el consentimiento por escrito por parte de la organización del torneo para llevar a cabo las grabaciones durante la disputa de los partidos.

## Muestra de partidos



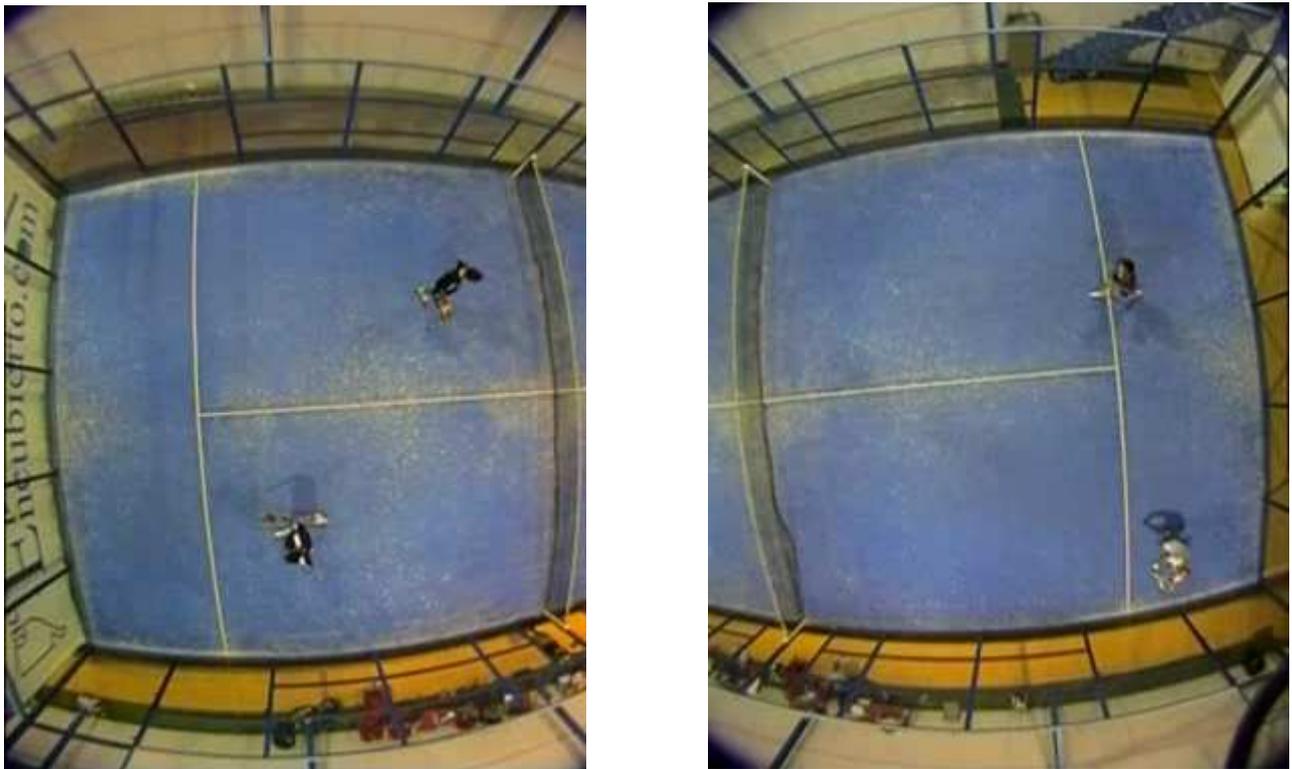
**Gráfica 1.** Características de la muestra de los partidos.

## 5.2. Instrumentos.

Para realizar las grabaciones se utilizaron dos cámaras de video Bosch modelo Dinion IP 455 (Bosch, Munich, Alemania). Estas cámaras son digitales y registran con una frecuencia de 25 fotogramas por segundo. Para comprobar que la frecuencia de grabación era constante en el tiempo y no había desfase entre ellas, se realizó un test consistente en grabar con las dos cámaras (en condiciones similares a las que posteriormente se realizaría el estudio) durante media hora, registrando dos eventos sincronizadores comunes consistentes en el disparo de dos flashes, uno como evento de inicio y el otro como evento de fin. Luego con el programa Virtual Dub 1.9.9 ([www.virtualdub.org](http://www.virtualdub.org)), se comprobó que el número de fotogramas registrado entre ambos flashes fue el mismo en ambas cámaras.

Las cámaras se colocaron en dos vigas transversales sobre el techo que cubría la pista. Éstas eran paralelas a la red de juego y equidistaban del centro de la pista. Estaban situadas a una altura de 7 metros sobre la superficie de la pista. Cada cámara iba conectada mediante un cable IP a un ordenador portátil

que almacenaba las imágenes capturadas en formato mpeg-4. Como este formato no era compatible con el software de procesamiento de las imágenes, se utilizó el programa AdvancedCSharpSample (Bosch, Munich, Alemania) para convertirlas al formato wmv, y posteriormente a formato mpeg-2 utilizando el programa VirtualDub 1.9.10 ([www.virtualdub.org](http://www.virtualdub.org)).



*Figura 8. Imágenes de los 2 lados de la pista desde las cámaras de video.*

El procesamiento de las imágenes se llevó a cabo mediante el sistema de rastreo SAGIT (Vučković, Pers, James y Hughes, 2009). Este software permite rastrear el movimiento de los jugadores de forma automática bajo la supervisión de un operador. Para ello utiliza un algoritmo que compara cada fotograma con una imagen previamente almacenada de la pista vacía, cada píxel se compara con un valor umbral para determinar si el jugador es detectado en esa coordenada.

El sistema se compone de cuatro módulos, (1) calibración, (2) rastreo, (3) anotación y (4) presentación.

1. El primer módulo (calibración) permite calibrar el espacio de juego y sincronizar las dos cámaras de video. Durante el proceso se marca el instante de inicio y final del partido en ambas cámaras de forma que queden sincronizadas. Esta sincronización fue realizada mediante un flash disparado en un punto que era registrado por ambas cámaras, en el centro de la pista. La pista era calibrada introduciendo manualmente una serie de puntos de referencia sobre ella siguiendo las instrucciones del programa, de esta forma el programa puede determinar la correspondencia entre las coordenadas de la imagen y las de la pista (Vučković, Dezman, Erculj, Kovacic y Pers, 2002).



Figura 9. Módulo de calibración.

2. El módulo de rastreo se utiliza para digitalizar la posición de los jugadores en la pista, obteniendo así datos precisos sobre su posición. Se trata de un sistema de digitalización semiautomático. Antes de comenzar el rastreo, el operador debe indicar mediante un “clic” del ratón la posición en la pista de los jugadores para poder comenzar el proceso. En caso de que el sistema pierda la posición del jugador, el programa permite al operador clicar

nuevamente sobre la posición de éste para continuar el rastreo (Vučković et al., 2002).



Figura 10. Módulo de rastreo.

3. El módulo de anotación se utiliza para introducir manualmente los eventos observados en la pista, como puntos ganadores, errores, tipos de golpe, y para esta tesis, se utilizó para diferenciar las fases activa (bola en juego) y fase o tiempo pasivo (tiempo de descanso entre puntos). El registro de estas acciones está sincronizado con los datos del rastreo (Vučković et al., 2002).

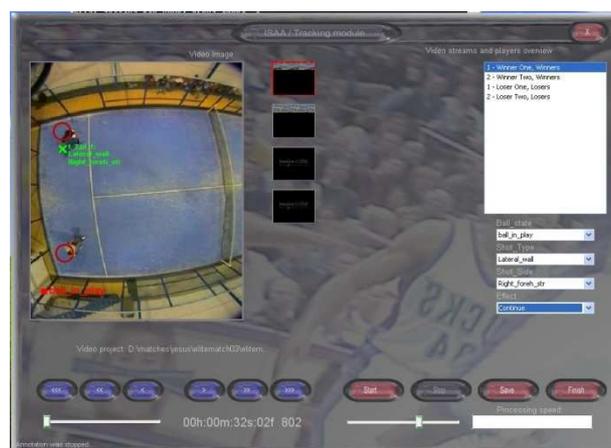


Figura 11. Módulo de anotación.

4. El módulo de presentación se utiliza para ver, exportar e imprimir los resultados obtenidos con la ayuda de los módulos de rastreo y anotación. Permite mostrar presentaciones visuales de los datos obtenidos (Vučković et al., 2002).

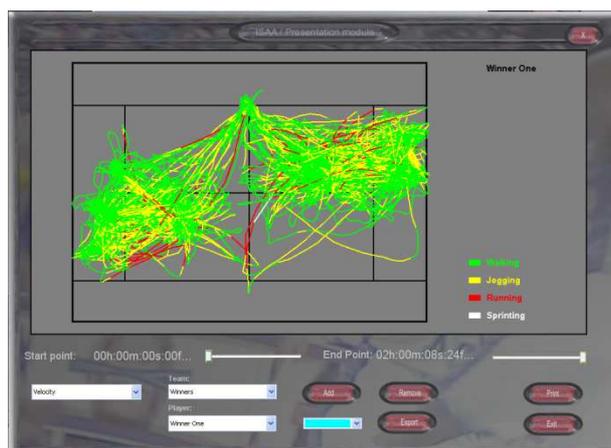


Figura 12. Módulo de presentación.

La fiabilidad de este sistema de rastreo fue comprobada por Vučković et al. (2010), indicando que el error cometido sobre la posición real de los jugadores variaba entre 0,09 m y 0,5 m. Los autores probaron el sistema mediante pruebas deliberadamente extremas para calcular los valores máximos de error, obteniendo valores muy cercanos a los mínimos indicados.

Los datos obtenidos a través del SAGIT fueron exportados a la base de datos Microsoft Excel 2007 (Microsoft, Redmond, USA), seleccionando los datos de interés para el estudio, como la posición de los jugadores y los tipos de golpe, a través de consultas SQL en Microsoft Access 2010 (Microsoft, Redmond, USA). El posterior análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS (IBM, Nueva York, USA).

### 5.3. Diseño.

Este estudio utilizó un diseño retrospectivo de comparación de grupos. Se grabaron en vídeo un total de 45 partidos que fueron clasificados posteriormente en función del nivel de juego. De los 45 partidos se seleccionaron 27, 9 para cada nivel de juego (alto, medio y bajo) para su posterior análisis.

### 5.4. Variables analizadas.

Las variables de interés para el presente estudio fueron:

- 1. Distancia recorrida en los desplazamientos. Esta variable hace referencia a la distancia que se desplaza el centro volumétrico del cuerpo sobre el plano horizontal (también denominado transversal).
- 2. Velocidad a la que se producen los desplazamientos. Esta variable hace referencia al cambio de posición del centro volumétrico del cuerpo en el plano horizontal con respecto del tiempo.
- 3. Relación tiempo de juego y tiempo de descanso. Por tiempo de juego, fase activa, tiempo activo o bola en juego, nos referimos al periodo de tiempo desde que empieza el punto (en el instante de golpeo del servicio), hasta que finaliza ese punto de ese servicio (con arreglo a las normas que dicta el reglamento). Por tiempo de descanso, tiempo pasivo, fase pasiva o bola que no está en juego, nos referimos al periodo de tiempo comprendido entre el instante final de un punto y inicio del siguiente. Esta variable hace referencia a la razón tiempo de juego/tiempo de descanso.

Estas variables se pudieron comparar en función de la variable 4, *tiempo de partido*, que podía ser:

- 4.1. El tiempo total de juego: desde el instante de tiempo en que el jugador impacta la pelota en el primer servicio del partido, hasta el instante de tiempo en que finaliza el último punto del partido. Es la suma del tiempo activo más el pasivo.
- 4.2. El tiempo activo: hace referencia al tiempo en que la pelota está en juego.
- 4.3. El tiempo pasivo: hace referencia al tiempo de descanso entre puntos, juegos o sets, porque la pelota no está en juego.

A su vez, las variables de interés, dependiendo del objetivo se compararon en función de las siguientes variables independientes:

- 5. Nivel de juego: hay 3 niveles de juego, alto, medio y bajo.
- 6. Resultado: hay 2 niveles, los ganadores y los perdedores.
- 7. Rol: hay 4 roles en cada punto (1: el jugador que saca (sacador), 2: el compañero del sacador, 3: el restador, y finalmente, 4: el compañero del restador).
- 8. Posición de los jugadores en la pista: hay 2 posiciones ya sea el que resta en el lado del deuce (jugador de derecha), o el que resta en el lado de la ventaja (jugador de revés).

Las variables de interés se describieron o compararon en función del objetivo específico, según alguna de las siguientes *unidades de juego* (variable 9):

- Para cada dato de jugador por partido (n=108). Un partido se juega al mejor de 3 sets.
- Para cada dato de jugador por set (n=240). Un set se juega a quien llegue a 6 juegos con diferencia de 2. En caso de 6 a 6 se juega la muerte súbita.
- Para cada dato de jugador por juego (2144). Un juego se juega a 4 puntos con diferencia de 2.
- Para cada dato de jugador de la pareja en cada punto. En este caso, únicamente tuvimos en cuenta los puntos en que el juego continúa tras el servicio (n=7074) desestimando los errores en el servicio o repeticiones del punto, “let” (n= 1217).

Finalmente se establecieron como variables a controlar, en función del objetivo específico:

- Nivel de disputa-de cada partido: Se controlaron el porcentaje de puntos ganados por la pareja perdedora. Se calculó el percentil 50, y se consideraron partidos “disputados” aquellos en que el porcentaje de puntos ganados por la pareja perdedora era mayor que 42,017 y partidos “desigualados” cuando este porcentaje era menor que 42,017.
- Número de puntos disputados: Hace referencia al número total de puntos que se juegan por partido.

## **5.5. Relación de las variables y los objetivos específicos.**

A continuación exponemos en el cuadro 5, señaladas con una “X”, las variables que se relacionan en cada uno de los objetivos específicos. Así, el

cuadro 1 explica la relación de las variables con cada uno de los objetivos específicos del objetivo general 1.

**Cuadro 5.** Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 1.

V. DE INTERÉS	VARIABLES		OBJETIVO GENERAL 1					
	TIEMPO	UNIDAD	Objet 1.1	Objet 1.2	Objet 1.3	Objet 1.4	Objet 1.5	Objet 1.6
DISTANCIA	tiempo total	punto						
		juego						
		set						
		partido	X		X			X
	tiempo activo	punto			X			X
		juego			X			X
		set			X			X
	partido	X	X	X			X	
	tiempo pasivo	partido			X			
VELOCIDAD	tiempo total	partido				X		X
	tiempo activo	partido				X		X
	tiempo pasivo	partido				X		X
TIEMPO	tiempo total	partido			X		X	X
	tiempo activo	partido			X		X	X
	tiempo pasivo	partido			X		X	X
VARIABLE CONTROL	Nº PUNTOS DISPUTADOS				X			

El cuadro 6 muestra las variables estudiadas en cada uno de los objetivos específicos correspondientes al objetivo general 2.

**Cuadro 6.** Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 2.

V. DE INTERÉS	VARIABLES		OBJETIVO GENERAL 2		
	TIEMPO	UNIDAD	Objet. 2.1	Objet.2.2	Objet. 2.3
DISTANCIA	Tiempo activo	Partido	X		
VELOCIDAD	Tiempo activo	Partido		X	
	Tiempo activo	Partido			X
TIEMPO	Tiempo pasivo	Partido			X
VARIABLE INDEPENDIENTE	NIVEL RENDIMIENTO		X	X	X

El cuadro 7 muestra las variables estudiadas en cada uno de los objetivos específicos correspondientes al objetivo general 3.

**Cuadro 7.** Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 3.

V. DE INTERÉS	VARIABLES		OBJETIVO GENERAL 3			
	TIEMPO	Unidad	Objet. 3.1	Objet. 3.2	Objet. 3.3	Objet. 3.4
DISTANCIA	Tiempo activo	Punto		X	X	X
		Partido	X			
VARIABLE CONTROL	NIVEL DISPUTA				X	
VARIABLES INDEPENDIENTES	RESULTADO		X	X	X	X
	NIVEL RENDIMIENTO					X

El cuadro 8 muestra las variables estudiadas en cada uno de los objetivos específicos correspondientes al objetivo general 2.

**Cuadro 8.** Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 4.

V. DE INTERÉS	VARIABLES		OBJETIVO GENERAL 4				
	TIEMPO	Unidad	Objet 4.1	Objet 4.2	Objet 4.3	Objet 4.4	Objet 4.5
DISTANCIA	Tiempo activo	Punto	X	X	X	X	X
VARIABLE CONTROL	MANO DOMINANTE					X	
	POSICIÓN				X	X	X
VARIABLES INDEPENDIENTES	ROL		X	X			
	NIVEL RENDIMIENTO			X			X

## 5.6. Procedimiento.

Tras la obtención de los permisos y autorizaciones oportunas indicados en el apartado 5.1., los jugadores fueron clasificados en nivel alto, medio o bajo, según los siguientes criterios. Se requirió a todos los jugadores cumplimentar una ficha donde establecían el nivel que se les asignaba en los diversos centros donde participaban, dentro de un rango del 1 al 7, así como la categoría de torneo en la que participan en los torneos organizados por la Federación de Pádel de la Comunidad Valenciana (FPCV), pudiendo ser 1ª, 2ª o 3ª categoría federadas, o competiciones no federadas. En cuanto al nivel de los jugadores, se consideró nivel alto en un rango entre 5,5 y 7, nivel medio entre 4 y 5,5, y nivel bajo entre 2 y 3,5.

Los partidos fueron clasificados para cada nivel en alto, medio o bajo según 3 observadores expertos. Los criterios para clasificar los partidos tenía en consideración el nivel de los jugadores, el cual ya había sido establecido para cada jugador por los centros de pádel dónde los jugadores habitúan jugar. A continuación describimos la clasificación según niveles en [www.padelinfo.es](http://www.padelinfo.es) (Ver Anexo nº2).

Además, 2 de los 3 observadores presenciaron el partido en directo, para clasificar el partido en el nivel correspondiente, en caso de que se observase que los jugadores no rindiesen al nivel esperado. Los 3 observadores coincidieron en cuanto al nivel de los jugadores en un 100%, y en cuanto al nivel del partido en 25 de los 26 partidos.

La competición se realizó en una pista cubierta de metacrilato y de pared lateral de 4 y 3 metros, en las instalaciones de “padelencubierto” que se encuentra en la población de Albal (Valencia). Tras un calentamiento estándar

de 7 minutos los jugadores competían al mejor de 3 sets, con tie break en todos ellos.

Las grabaciones fueron procesadas en Ljubljana (Eslovenia) mediante el software SAGIT descrito anteriormente, durante el mes de Noviembre de 2010, mes de Junio de 2011 y mes de Marzo de 2012.

#### 5.7. Tratamiento de datos.

El SAGIT proporciona los datos en una hoja de Microsoft Excel 2007, donde establece para cada jugador datos para cada fotograma de la grabación respecto a las siguientes variables que muestra a través de columnas. La primera columna, es el número de fotograma de la grabación y luego establece:

- Posición (m) en los ejes x e y que delimitan la pista, respecto a un eje de coordenadas situado en una de las esquinas. Cada una de las coordenadas se muestra en una columna diferente.
- Distancia (m) recorrida en valores acumulativos para cada fotograma.
- Velocidad (m/s). Esta columna establece la velocidad a la que se desplaza en cada fotograma.

En primer lugar obtuvimos los datos de las variables de interés para el tiempo de partido a partir de la hoja Excel de datos obtenida del SAGIT (ver anexo nº3). Por ejemplo, para obtener los datos de las variables de interés, para cada jugador en el tiempo activo, realizamos la siguiente consulta SQL en Microsoft Access 2007, sobre la hoja de datos, indicada en el Anexo nº 4.

Este mismo proceso se utilizó para obtener los datos en el tiempo pasivo. Para obtener los datos en el tiempo total bastaba sumar los datos de tiempo activo y pasivo.

En segundo lugar, obtuvimos los datos de las variables de interés para cada vez que se ponía la pelota (ver modelo de hoja de datos en Anexo nº 5) en juego, es el denominado análisis por punto. En este caso, es importante matizar que en el caso de fallar los jugadores el primer servicio, el tiempo entre el primer y el segundo saque era contabilizado como tiempo pasivo, puesto que la pelota no estaba en juego. Por eso, a la hora de comparar las variables de interés entre los jugadores ganadores del punto con los perdedores, únicamente tuvimos en cuenta los puntos en los que el juego continuaba tras el servicio eliminando los lets a mitad del punto. Las 3 consultas SQL introducidas en Microsoft Access 2007 para obtener las variables de interés en el tiempo activo se indican en los Anexos 4,5 y 6.

Los datos obtenidos eran exportados a Microsoft Excel 2007 donde se correspondía cada servicio en juego con el marcador del partido. Como se realizó anotación de todos los golpes del partido (aunque su análisis no forma parte de esta tesis) también se comprobaba que el fotograma de inicio del tiempo activo correspondiese con el fotograma del saque del jugador. El marcador del partido se estableció previamente mediante la observación de los videos del partido. De esta forma se anotaba el ganador de cada punto cuando el juego continuaba tras el servicio.

Para el cálculo de la distancia recorrida por los jugadores en cada juego bastaba sumar los datos obtenidos y promediar las velocidades por cada vez que se ponía la pelota en juego. Para obtener los datos en cada set, se realizaba

el mismo proceso pero sumando y promediando los datos obtenidos por juego. Para sumar y promediar estos datos el programa utilizado fue Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, USA).

Además, quisimos controlar el nivel de disputa de los partidos, puesto que pensamos que podría determinar el resultado, ya que en estudios previos se corrió más en los partidos disputados que en los no disputados (Ramón-Llin, et al., 2010). De hecho, en muchos partidos los perdedores ganan cerca de un 50 % de los puntos disputados (Vučković y James, 2010). Por este motivo tuvimos en cuenta el porcentaje de puntos ganados por la pareja perdedora para cada partido, estableciendo 2 niveles de disputa. Para ello, dividimos la muestra por debajo y por encima de la mediana (mediana = 42,017%) en cuanto al porcentaje de puntos ganados por la pareja perdedora en porcentajes menores al 42,017% los consideramos como partidos desiguales o poco disputados. Más de un 42,017% de puntos ganados por la pareja perdedora se consideró partido disputado. Para los partidos poco disputados, la muestra estaba compuesta por partidos de nivel alto (n=3), de nivel medio (n=3) y de nivel bajo (n=8). Finalmente, los partidos disputados (n=12) tenían la muestra compuesta por partidos de nivel alto (n=6), de nivel medio (n=6) y de nivel bajo (n=1). Finalmente, realizamos un análisis estadístico que describimos a continuación.

## **5.7. Análisis estadístico.**

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos). Se aplicaron los tests de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilks para comprobar la normalidad de las distribuciones de datos en las variables medidas. Debido a la

falta de normalidad el análisis inferencial se realizó mediante pruebas no paramétricas.

Para comparar 2 muestras (ganadores-perdedores) realizamos la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, puesto que según O'Donoghue (2010) deben considerarse muestras relacionadas debido a que el rendimiento de una pareja está influenciado por la del rival. Así, se han considerado la comparativa ganadores-perdedores como muestras relacionadas en estudios previos (Vučković y James, 2010). Esta misma prueba fue aplicada para comparar los diferentes roles y jugador del lado derecho (deuce) con el izquierdo (ventaja). Para comparar más de 2 muestras (comparación en función del nivel de juego o en función del grado de disputa del partido), se aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis. Sin embargo, para analizar entre qué pares de grupos se daban las diferencias se realizó la prueba U de Mann-Whitney, reajustándose la significatividad según Bonferroni a  $p = ,05/N$ ;  $N = K \times (K-1)/2$  siendo K el número de grupos (O'Donoghue, 2010).

## **CAPÍTULO 7**

---

### **RESULTADOS**



## 5. RESULTADOS

En este apartado expondremos los resultados con arreglo a cada objetivo general y sus respectivos objetivos específicos.

### **6.1. Resultados relativos al objetivo general 1 (cuantificar la magnitud de carga física de competición en pádel).**

#### ***6.1.1. Resultados relativos al objetivo específico 1.1 (cuantificar el volumen de carga, a través de la distancia recorrida por cada jugador por partido en tiempo total).***

Se observa en la tabla 1 que la distancia media recorrida por los jugadores de pádel (n=108) en partidos diferentes (n=27), para el tiempo total de juego en un partido fue de M=2908,5 m; DT=1130 m. La desviación estándar (1130,2m) supone un 38,9 % de la distancia media recorrida. La mínima distancia cubierta (1342,8 m) supone un 46,1% sobre la distancia media, mientras que el máximo (6485,8 m), es 2,23 veces la distancia media cubierta. En cuanto a la distancia recorrida en el tiempo activo de partido, supone un 50,8 %, siendo casi prácticamente igual a la distancia recorrida en tiempo pasivo (1429m).

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de distancia de cada jugador por partido, en las diferentes fases de juego.

	N	M	DT	Mínimo	Máximo
Distancia tiempo total partido	108	2908,5	1130,2	1342,8	6485,8
Distancia tiempo activo partido	108	1478,7	663,4	496,2	3720,8
Distancia tiempo pasivo partido	108	1429,8	525,7	716	3200,8

**6.1.2. Resultados relativos al objetivo específico 1.2 (cuantificar el volumen de carga a través de la distancia recorrida, por cada jugador, en cada unidad de juego, en tiempo activo).**

En la tabla 2, vemos que la media de distancia en tiempo activo se incrementa a medida que aumenta la unidad de juego. Así, la distancia media recorrida por partido (1478,7 m) es 2,2 veces la distancia recorrida por set (669,1 m), y esta última a su vez es 8,9 la distancia recorrida por juego (74,9 m) y finalmente, la distancia recorrida por juego es 6,8 veces la distancia recorrida por punto. En resumen, se puede establecer que los partidos tuvieron de media 2,2 sets, cada set tuvo de media 8,9 juegos y cada juego 6,8 puntos.

En cuanto al coeficiente de variación (DT/M), vimos cómo entre partido (0,45) y set (0,43), es parecido, pero aumenta en el juego (0,67) y más todavía en el punto (0,93).

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos de distancia de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo.

	N	M	DT	CV	Mínimo	Máximo
Distancia tiempo activo de partido.	108	1478,7	663,4	0,45	496,2	3720,8
Distancia tiempo activo set.	240	669,1	285,5	0,43	108,6	1620,4
Distancia tiempo activo juego	2144	74,9	50,1	0,67	5,6	445
Distancia tiempo activo punto	14147	11,02851	10,2166	0,93	0	127,7

**6.1.3. Resultados relativos al objetivo específico 1.3 (determinar la correlación existente entre la distancia recorrida por partido, el tiempo de partido y el nº de puntos disputados, en cada fase de juego).**

Realizamos una correlación de Spearman porque todas las variables no tenían una distribución normal (ver tabla 3).

**Tabla 3.** Prueba de normalidad (K-S) de las variables a comparar.

VARIABLE	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Estadístico	gl	p
Distancia tiempo total	,145	110	<,001
Distancia tiempo activo	,161	110	<,001
Distancia tiempo pasivo	,109	110	,003
Tiempo total	,186	110	<,001
Tiempo activo	,209	110	<,001
Tiempo pasivo	,137	110	<,001
Puntos disputados	,164	110	<,001

La tabla 4 muestra las diferentes correlaciones entre las variables. Como puede observarse la distancia total recorrida guarda una relación significativa con el resto de variables. Además, guarda una relación positiva muy alta con el resto de variables excepto con el tiempo pasivo (,85) y el número de puntos

jugados (,87) que es alta-muy alta. La distancia activa guardó una correlación significativa muy alta con la distancia total y con el tiempo activo. Al igual, la distancia pasiva tuvo una correlación significativa muy alta con la distancia total recorrida y el tiempo pasivo. Como ya hemos empezado diciendo arriba, el número de puntos disputados en un partido tuvo una correlación significativa alta-muy alta con el tiempo total de juego (,89) y también con la distancia total recorrida (,87).

**Tabla 4.** *Correlaciones bivariadas de Spearman entre las variables de análisis del objetivo 1.3.*

VARIABLES	Distancia total	Distancia activa	Distancia pasiva	Tiempo total	Tiempo .activ	Tiempo pasiv	Puntos disputados
<b>Distancia total</b>	1	,928(**)	,901(**)	<b>,915(**)</b>	,905(**)	,851(**)	<b>,865(**)</b>
Distancia activa		1	,717(**)	,817(**)	,926(**)	,705(**)	,774(**)
Distancia pasiva			1	,898(**)	,749(**)	,923(**)	,871(**)
Tiempo total				1	,871(**)	,951(**)	,885(**)
Tiempo activo					1	,742(**)	,869(**)
Tiempo pasivo						1	,827(**)
Puntos disputados							1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

#### **6.1.4. Resultados relativos al objetivo específico 1.4 (cuantificar la intensidad de carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en cada fase de juego).**

En la tabla 5 podemos ver el promedio de velocidad de los jugadores, en las diferentes fases de juego. La velocidad media máxima se realizó durante el tiempo activo de juego (1,04 m/s), siendo 1,55 veces mayor que la velocidad en tiempo pasivo (0,67 m/s). El coeficiente de variación también fue mayor en el promedio de velocidad en fase activa. El máximo promedio de desplazamiento por partido fue de 1,06 m/s y de 1,38 m/s para la velocidad en tiempo activo.

**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en las diferentes fases de juego.

VARIABLES	N	Media	DT	CV	Mínimo	Máximo
Velocidad tiempo total	108	0,82	0,08	0,098	0,66	1,06
Velocidad tiempo activo	108	1,04	0,15	1,043	0,66	1,38
Velocidad tiempo pasivo	108	0,67	0,08	0,677	0,49	0,93

**6.1.5. Resultados relativos al objetivo 1.5 (cuantificar la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido).**

En la tabla 6 vemos que la media de tiempo total de partido fue de 3554 s (59 minutos), pudiendo llegar a durar hasta 8017 s ( 2 h y 13 min). El tiempo activo medio de partido (1413 s) representó un 39,8 % del total, dejando el otro 60,2% para el tiempo pasivo. El tiempo activo de media en un partido representó el 67% del tiempo pasivo medio. También vamos a incluir que el tiempo medio de duración de cada punto se puede calcular dividiendo la distancia media por punto (11,02 m) y la velocidad media en tiempo activo (1,04 m/s). De esta forma la media de duración del punto fue de  $11/1,04 = 10,5$  s.

**Tabla 6.** Estadísticos descriptivos del tiempo de duración de partido, sus diferentes fases y relación tiempo activo/tiempo pasivo.

VARIABLES	N	Media	DT	CV	Mínimo	Máximo
Tiempo total	27	3554,5	1398,7	0,39	1966	8017
Tiempo activo	27	1413,9	622,3	0,44	711	3427
Tiempo pasivo	27	2140,8	854,7	0,4	1157	4590
Ratio tiempo activo / tiempo pasivo	27	0,67	0,15	0,22	0,4	0,94

#### 6.1.6. Resultados relativos al objetivo 1.6 (comparar la carga física en pádel con otros deportes).

Como podemos observar en la tabla 7, por orden de mayor a menor en cuanto a la distancia recorrida por partido, estaría primero el fútbol, luego el rugby y el baloncesto, luego el tenis y el pádel y finalmente el squash.

**Tabla 7.** Comparativa de distancia recorrida en diferentes deportes.

VARIABLE	DEPORTE	ESTUDIO	UNIDAD ANALIZADA				
			Partido	Set	Juego	Punto	Partido activo
Distancia	Fútbol	Barros et al. (2007)	10 km				
	Baloncesto	Erculj et al.(2008)	6235 m				4404 m
	Rugby	King et al. (2009)	(4,5-5,5) km				
	Squash	Vučković et al.(2005)		(620- 1120 m)			
	Tenis	Comellas et al. (2001)			850 m	(8-12)m	
	Tenis	Fernández et al (2009)		(3-3,5)km			
	Tenis	Martínez et al (2013)				80m	
	Pádel	Este estudio		2900m			11 m

El ranking de velocidad promedio máxima, como podemos ver la tabla 8 sigue un orden similar al establecido hasta el momento. Resaltamos que tenis y

pádel se corren distancias similares, en tiempos similares de partido, pero sin embargo, la velocidad de desplazamiento es mayor en tenis. Esto se explica, porque la duración media del punto es mayor en pádel, y así se compensa la distancia final recorrida.

**Tabla 8.** *Comparativa de promedio de velocidad de desplazamiento en diferentes deportes.*

VARIABLE	DEPORTE	ESTUDIO	UNIDAD ANALIZADA				
			Partido	Set	Juego	Punto	Partido activo
Velocidad	Futbol	Barros et al. (2007)	1,77 m/s				
	Baloncesto	Erculj et al.(2008)					1,86m/s
	Rugby	King et al. (2009)	(0,9 y 1,3) m/s				
	Squash	Vučković et al.(2005)	(1,04-1,1) m/s				
	Tenis	Fernández et al (2009)	(0,88-0,99)m/s				
	Tenis	Martínez et al (2013)	1,35 m/s				
	Pádel	Ramón-Llin et al.2012b	(0,75-0,81) m/s				(1,16-1,09) m/s
	Pádel	Este estudio	0,82 m/s				1,04 m/s

Como podemos observar en la tabla 9, con la excepción del baloncesto, por orden de mayor a menor en cuanto a la duración del partido de juego activo tenemos el mismo orden en futbol, rugby y baloncesto. El tenis y el pádel duran prácticamente lo mismo en tiempo total y finalmente el que menos dura es el squash.

**Tabla 9.** *Comparativa de duración del partido en diferentes deportes.*

VARIABLE	DEPORTE	ESTUDIO	UNIDAD ANALIZADA				
			Partido	Set	Juego	Punto	Partido activo
Tiempo	Fútbol		90 min				
	Baloncesto		40 min				
	Rugby		80 min				
	Squash	Vučković et al.(2005)		(590-1000)s			
	Tenis	Fernández et al (2009)	3600 s				
	Tenis	Comellas et al. (2001)				6-10 s	
	Pádel	Almonacid (2012)		949 s (activo)			15 s
	Pádel	Sañudo et al (2008)			71,43s	7,24 s	
	Pádel	Este estudio		3554 s			10,5 s

## 6.2. Resultados relativos al objetivo general 2 (analizar la magnitud de carga física entre 3 niveles de juego).

En primer lugar realizamos pruebas de normalidad para las muestras a comparar en los objetivos específicos. Al tener una muestra total de 108 jugadores, realizamos la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (tabla 10). Debido a la significatividad en varios de los grupos tanto para la distancia, velocidad y ratio tiempo activo/ tiempo pasivo, no se pudo realizar estadística paramétrica y por lo tanto se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis para hacer el análisis comparativo entre más de dos muestras independientes.

**Tabla 10. Prueba K-S normalidad.**

VARIABLES	nivel	Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Estadístico	gl	p
Distancia activa	1	0,215	36	<,001
	2	0,113	36	,200
	3	0,131	36	,119
Velocidad activa	1	0,105	36	,200
	2	0,107	36	,200
	3	0,15	36	,039
Ratio tiempo activo/pasivo	1	0,169	36	,011
	2	0,151	36	,038
	3	0,231	36	<,001

**6.2.1. Resultados relativos al objetivo específico 2.1. (comparar la distancia recorrida en tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento).**

Como vimos en el apartado anterior, las muestras de distancia recorrida por jugador no tenían una distribución normal, así que se aplicó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis test) para observar las diferencias entre niveles (tabla 11)

**Tabla 11.** Resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis para comparar la distancia recorrida entre los grupos de nivel.

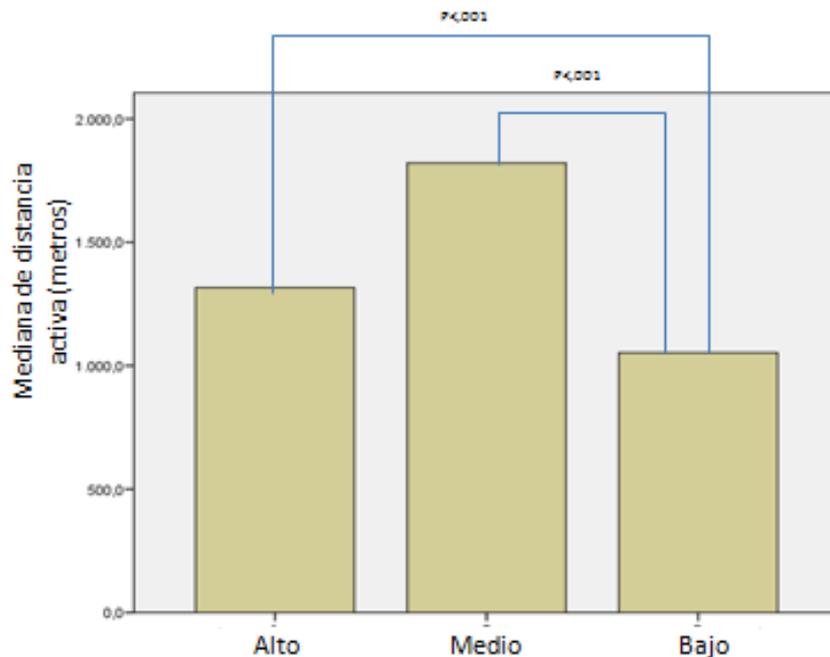
VARIABLE	nivel	N	Media de puntos disputados	Mn	DT	Rango promedio	Chi-cuadrado	p
Distancia recorrida en tiempo activo	Alto	36	127,8	1316,2	493,7	59,29	32,72	<,001
	Medio	36	149,4	1820,8	767,9	72,81		
	Bajo	36	119	1052,4	331,6	31,4		

Seguidamente, comparamos los grupos 2 a 2 utilizando la prueba U de Mann Whitney. Ajustamos la significatividad de la probabilidad (según Bonferroni  $p/n$ ;  $n$ =pares de grupos), para ver entre que grupos se daban las diferencias, pero ajustando la significatividad a  $p < ,05/3$ ,  $p < ,017$ .

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento de alto y medio no mostraron diferencias en distancia recorrida en tiempo activo (U Mann-Whitney = 458,00;  $Z = -2,14$ ;  $p = ,032$ ). (Ver gráfica 2).

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento de alto y bajo mostraron diferencias en distancia recorrida en tiempo activo (U Mann-Whitney = 285,50;  $Z = -4,08$ ;  $p <, 001$ ). (Ver gráfica 2).

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento de medio y bajo mostraron diferencias en distancia recorrida en tiempo activo (U Mann-Whitney = 179,00;  $Z = -5,28$ ;  $p <, 001$ ). (Ver gráfica 2).



**Gráfica 2.** Mediana de distancia recorrida en el tiempo activo en los 3 diferentes niveles.

No obstante, también podemos observar en la tabla 11 que la media de puntos disputados guardó el mismo orden que la distancia recorrida por partido, con arreglo a los 3 niveles de juego.

**6.2.2. Resultados relativos al objetivo específico 2.2. (Comparar la velocidad media de desplazamiento en el tiempo activo de juego, de cada jugador por partido, entre 3 niveles de rendimiento).**

Las muestras de distancia recorrida por jugador no tenía una distribución normal, así que se aplicó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis test) para observar las diferencias entre niveles (tabla 12).

**Tabla 12.** Resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis para comparar el promedio de velocidad entre los grupos de nivel.

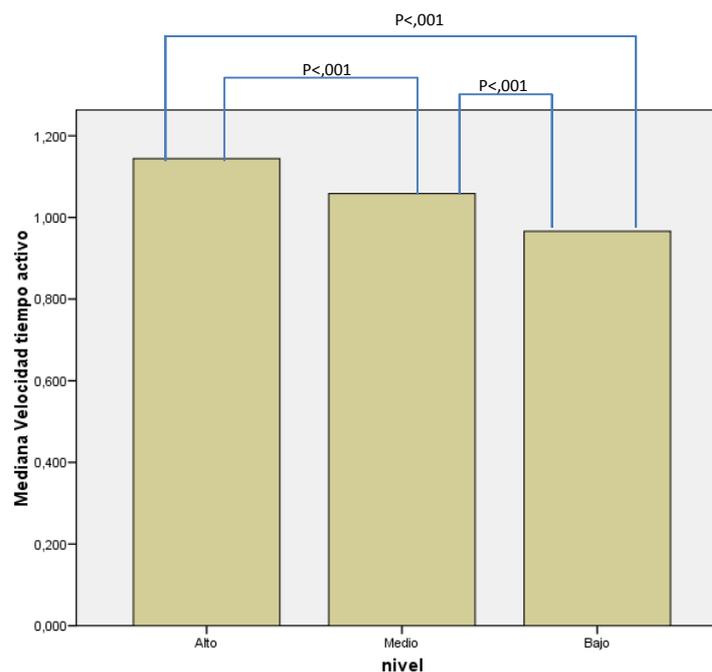
VARIABLE	Nivel	N	Mn	Dt	Rango promedio	Chi-cuadrado	p
Velocidad media en tiempo activo	Alto	36	1,14	0,11	76,19	33,52	<,001
	Medio	36	1,06	0,09	53,83		
	3Bajo	36	0,97	0,15	33,47		

Seguidamente, comparamos los grupos 2 a 2 utilizando la prueba U de Mann Whitney. Ajustamos la significatividad de la probabilidad (según Bonferroni), para ver entre qué grupos se daban las diferencias, pero ajustando la significatividad a  $p < ,05/3$ ,  $p < 0.017$ .

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento alto y medio mostraron diferencias en velocidad de desplazamiento en tiempo activo (U Mann-Whitney = 335,50;  $Z = -3,52$ ;  $p < ,001$ ). (Ver gráfica 3).

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento alto y bajo mostraron diferencias en velocidad de desplazamiento en tiempo activo (U Mann-Whitney = 179,50;  $Z = -5,28$ ;  $p < ,001$ ). (Ver gráfica 3).

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento medio y bajo mostraron diferencias en velocidad de desplazamiento en tiempo activo (U Mann-Whitney = 359,50;  $Z = -3,25$ ;  $p = ,001$ ). (Ver gráfica 3).



**Gráfica 3.** Mediana del promedio de velocidad de desplazamiento en el tiempo activo en los 3 diferentes niveles.

**6.2.3. Resultados relativos al objetivo específico 2.3 (comparar la densidad de carga, a través del ratio tiempo activo: tiempo pasivo de cada partido según niveles).**

Las muestras de distancia recorrida por jugador no tenía una distribución normal, así que se aplicó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis test) para observar las diferencias entre niveles (tabla 13).

**Tabla 13.** Resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis para comparar el ratio tiempo activo: tiempo pasivo entre los grupos de nivel.

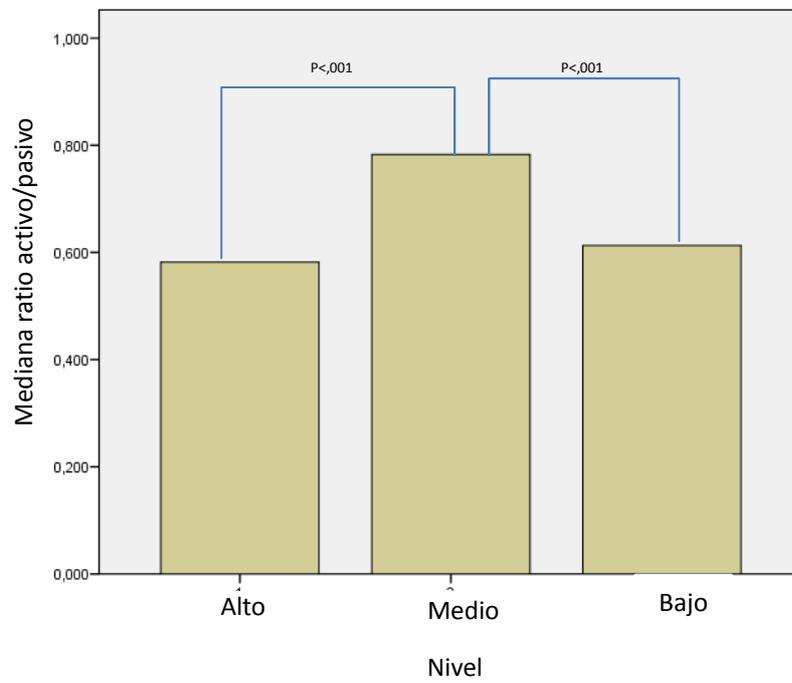
VARIABLE	Nivel	N	Mn	DT	Rango promedio	Chi-cuadrado	p
Ratio tiempo activo: tiempo pasivo	Alto	36	,58	,09	35,83	52,65	<,001
	Medio	36	,78	,08	85,17		
	Bajo	36	,61	,14	42,50		

Seguidamente, comparamos los grupos 2 a 2 utilizando la prueba U de Mann Whitney. Ajustamos la significatividad de la probabilidad (según Bonferroni), para ver entre que grupos se daban las diferencias, pero ajustando la significatividad a  $p < ,.05/3$ ,  $p < ,017$ .

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento alto y medio mostraron diferencias en el ratio tiempo activo : tiempo pasivo (U Mann-Whitney = 32,00;  $Z = -6,948$ ;  $p < ,001$ ). (Ver gráfica 4).

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento alto y medio no mostraron diferencias en ratio tiempo activo:tiempo pasivo (U Mann-Whitney = 592,00;  $Z = -,632$ ;  $p = ,53$ ). (Ver gráfica 4).

Las comparaciones entre los niveles de rendimiento alto y medio mostraron diferencias en ratio tiempo activo: tiempo pasivo (U Mann-Whitney = 160,000;  $Z = -5,504$ ;  $p < ,001$ ). (Ver gráfica 4).



**Gráfica 4.** Mediana del ratio tiempo activo: tiempo pasivo en los 3 diferentes niveles.

### 6.3. Resultados relativos al objetivo general 3 (analizar las diferencias de volumen de carga física realizado entre ganadores y perdedores).

En los apartados sucesivos relativos a este objetivo, analizaremos la distancia recorrida por los jugadores, primero con cada dato de jugador por partido y luego con cada dato de jugador por punto. Por tanto para cada partido o punto habrá siempre 2 datos de la pareja ganadora y otros 2 datos de la pareja perdedora. Para analizar la normalidad de los datos realizamos la prueba de Kolmogorov-Smirnov (tabla 14), puesto que las distribuciones a comparar estaban formadas por más de 50 datos (pareja por partido  $n=54$ ; pareja por punto  $n=7074$ ). Los resultados significativos en las distribuciones de distancia y en una de las distribuciones de velocidad indicaron la necesidad de aplicar estadísticos de contraste no paramétricos. En este caso, al tratarse de dos muestras utilizamos la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon por tratarse de variables relacionadas tal y como se explicó en el apartado de análisis de los datos.

**Tabla 14.** Pruebas de normalidad para las muestras a comparar en los objetivos 3.1 y 3.2.

VARIABLE	Resultado	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	p
Distancia activa partido	Ganadores	0,168	54	,001
	Perdedores	0,199	54	<,001
Distancia activa punto	Ganadores	0,141	7072	,001
	Perdedores	0,142		,001

**6.3.1. Resultados relativos al objetivo específico 3.1 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada partido).**

Como podemos observar en la tabla 15 no hubo diferencias en la mediana de la distancia recorrida en la fase activa del partido entre los ganadores y los perdedores. También se observa que hubo un porcentaje ligeramente superior de veces (57 %) en que los perdedores corrieron más distancia que los ganadores. También es importante indicar que la pareja perdedora de media ganó el 43,11% de los puntos.

**Tabla 15.** *Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida en función del resultado de cada jugador por partido.*

VARIABLE	Resultado	M	Mn	DT	N	Suma rangos +	Suma rangos -	Z	p
Distancia activa partido	Ganadores	1463,4	1327,2	636,8	23(a)	827,00	658,00	-,73(a)	,467
	Perdedores	1493,9	1269,6	694,5	31(b)				

a Perdedores < Ganadores

b Perdedores > Ganadores

**6.3.2. Resultados relativos al objetivo específico 3.2 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto).**

Realizamos un prueba Wilcoxon que nos indicó que la mediana de distancia recorrida por punto de los jugadores perdedores fue de 8,4m, fue

significativamente superior que los 8m de los ganadores ( $z=-2,62;p<,01$ ). Es interesante observar que el porcentaje de veces que los perdedores han corrido más distancia que los ganadores ha sido sólo de un 50,8%. En el otro 42,8% los ganadores del punto corrieron más distancia.

**Tabla 16.** *Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida en función del resultado de cada jugador por punto.*

VARIABLE	Resultado	M	Mn	DT	N	Suma rangos +	Suma rangos -	Z	p
Distancia activa partido	Ganadores	10,9	8	10,1	3477(a)	12961651	12062624	-2,62(a)	,009
	Perdedores	11,1	8,4	10,3	3597(b)				

a Perdedores < Ganadores

b Perdedores > Ganadores

**6.3.3. Resultados relativos al objetivo específico 3.3 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de disputa del partido).**

Como ya dijimos en el apartado de metodología la muestra se dividió en partidos disputados o desigualados en función del porcentaje de puntos ganados por la pareja perdedora. En este caso que analizamos por puntos, estos se catalogaban en puntos que pertenecían a partidos disputados o a partidos desigualados. La tabla 17 muestra la prueba de normalidad de las muestras de ganadores y perdedores en partidos disputados y desigualados.

**Tabla 17.** Pruebas de normalidad en función del resultado, clasificadas por el nivel de disputa.

Distancia activa del punto	Resultado	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	p
Disputados	Ganadores	,141	4103	<,001
	Perdedores	,142	4103	<,001
Desigualados	Ganadores	,135	2971	<,001
	Perdedores	,133	2971	<,001

Se realizaron pruebas no paramétricas, que se muestran en tabla 18, que indica los descriptivos y estadísticos de contraste de la prueba Wilcoxon. Podemos observar que las diferencias de los valores de la mediana, son mayores en los partidos disputados. De hecho, en los partidos disputados, la mediana de distancia recorrida de los perdedores por punto alcanzó 9,1 m, fue significativamente superior a los 8,6 m de los ganadores del punto ( $Z=-3,15$ ;  $p<,005$ ).

Incluso a pesar de haber diferencias en el grupo de partidos disputados, solo en un 51,8% de los casos los perdedores corrieron más distancia que los ganadores. Estas diferencias no se dieron en los partidos desigualados, donde las diferencias de los valores de la mediana también se redujeron.

**Tabla 18.** *Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función del resultado de cada jugador por punto, controlando el nivel de disputa del partido.*

Distancia activa partido		M	Mn	DT	N	Suma rangos +	Suma rangos -	Z	p
Partidos disputados	Ganadores	11,9	8,6	11	1976(a)	4448773	3970582	-3,15(a)	,002
	Perdedores	12,1	9,1	11,3	2127(b)				
Partidos desigualados	Ganadores	9,6	7,1	8,6	1501(a)	2221513	2193393	-,301(a)	,76
	Perdedores	9,7	7,2	8,6	1470(b)				

a Perdedores < Ganadores

b Perdedores > Ganadores

**6.3.4. Resultados relativos al objetivo específico 3.4 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de rendimiento).**

En primer lugar realizamos las pruebas de normalidad entre la distancia recorrida por punto, en función de los 3 niveles de juego (tabla 19).

**Tabla 19.** Pruebas de normalidad en función del resultado clasificadas por el nivel de rendimiento.

Distancia activa punto	Resultado	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
Nivel alto	Ganadores	,130	2300	<,001
	Perdedores	,121	2300	<,001
Nivel medio	Ganadores	,145	2632	<,001
	Perdedores	,145	2632	<,001
Nivel bajo	Ganadores	,139	2142	<,001
	Perdedores	,134	2142	<,001

Realizamos pruebas no paramétricas que se muestran en la tabla 20.

**Tabla 20.** Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función del resultado de cada jugador por punto, controlando el nivel de rendimiento.

Distancia activa partido		M	Mn	DT	N	Suma rangos +	Suma rangos -	Z	p
Nivel alto	Ganadores	11,53	8,84	9,53	1097(a)	1442960	1203191	-3,76(a)	<,001
	Perdedores	11,98	9,4	10,1	1203(b)				
Nivel medio	Ganadores	12,55	9,1	11,84	1289(a)	1773718	1691310	-1,06(a)	,29
	Perdedores	12,7	9,55	12	1343(b)				
Nivel bajo	Ganadores	8,3	6,05	7,55	1091(a)	1134620	1160533	-,453(a)	,65
	Perdedores	8,27	6,14	7,39	1051(b)				

a Perdedores < Ganadores

b Perdedores > Ganadores

La mediana en nivel alto de la distancia recorrida por los perdedores en cada punto fue de 9,4m, fue significativamente superior a los 8,84m de los ganadores del punto ( $z=-3,76; p<,001$ ). No obstante, sólo en un 52% de los casos

los valores de los perdedores fueron superiores a los ganadores. En nivel medio a pesar de que hay más veces en que los perdedores corrieron más distancia que los ganadores (1343 frente a 1289), no hay diferencias en cuanto a la mediana. Finalmente, en nivel bajo, además de no haber diferencias en cuanto a la mediana, es que las veces en que los valores de la distancia recorrida por los ganadores superaron a los perdedores, fue mayor (1091 frente a 1051).

#### 6.4. Resultados relativos al objetivo general 4 (analizar las diferencias de volumen de carga física en función del rol del jugador y de la posición en la pista).

En los 2 primeros subapartados veremos los resultados relativos a la variable rol del jugador.

##### 6.4.1. Resultados relativos al objetivo específico (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto).

Así pues, en primer lugar procedemos como siempre a realizar las pruebas de normalidad (tabla 21).

**Tabla 21.** Pruebas de normalidad en función de los 4 roles diferentes en pádel.

Variables	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Estadístico	gl	p
Distancia del sacador	0,137	3522	<,001
Distancia compañero del sacador	0,162	3522	<,001
Distancia del restador	0,127	3522	<,001
Distancia del compañero del restador	0,164	3522	<,001

A partir de las pruebas de normalidad, realizamos pruebas no paramétricas, en este caso la prueba Friedman (tabla 22).

**Tabla 22.** *Descriptivos y estadísticos de contraste de la prueba Friedman en los 4 roles en pádel.*

Variables	M	Mn	DT	Rango promedio	N	Chi-cuadrado	gl	p
Distancia sacador	12,45	9,26	10,3	3,12	3522	1737,86	3	<,001
Distancia compañero sacador	10,16	6,97	10,2	2,13				
Distancia restador	11,49	8,88	9,92	2,74				
Distancia compañero restador	10,1	7,25	10,25	2,01				

Ahora realizamos comparaciones por pares, ajustando la significatividad según Bonferroni a  $p < ,0083$ . Como podemos observar en la tablas 22 y 23, la mediana de distancia recorrida por punto del jugador que saca fue de 9,26m superando a las medianas del resto de roles. Además, si observamos los porcentajes en la tabla 24, el sacador corrió más distancia que el que resta en un 63 % de los puntos, que el compañero del que resta en un 75,6 % de los puntos y que su compañero en un 73,5%.

La mediana de distancia que recorre por punto el jugador que resta, también fue significativamente mayor que la de su compañero y la del compañero del sacador. Además el restador corrió más distancia que su compañero en un 69,9% de los puntos y en un 67,3 % de los puntos sobre el compañero del sacador. No hubo diferencias entre las medianas de distancia recorrida por punto entre los compañeros del sacador y del restador. Sin embargo, pese a que la mediana del compañero del restador fue mayor, el compañero del sacador corrió más distancia que el restador en un 53,4% de los puntos.

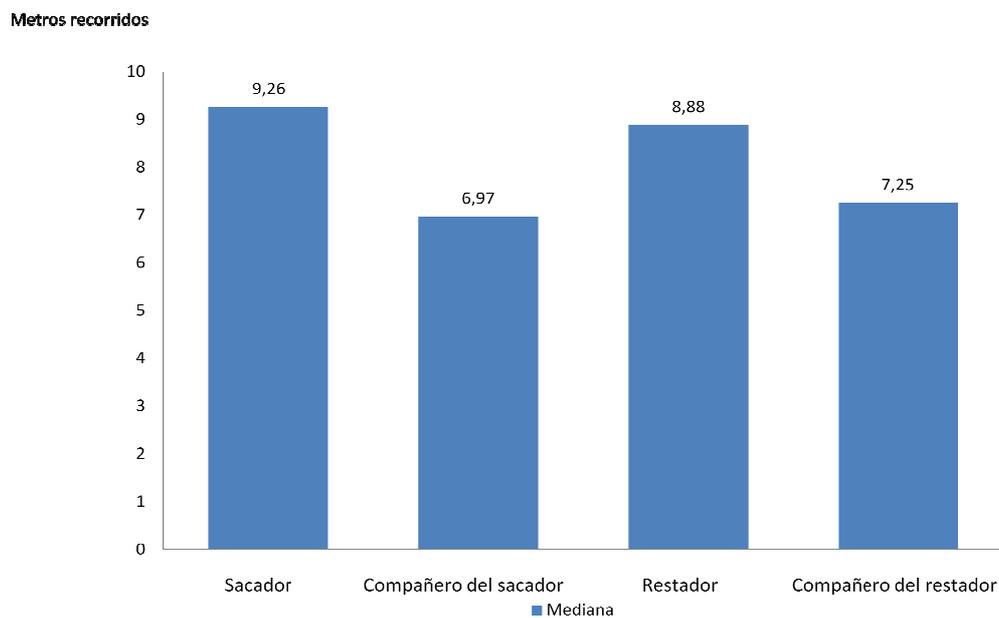
**Tabla 23.** *Pueba Wilcoxon comparando muestras relacionadas por pares.*

	Sacador vs restador	Restador Vs compañero restador	Compañero restador vs compañero sacador	Restador vs compañero sacador	Sacador vs compañero sacador	Sacador vs compañero restador
Z	-14,387(a)	-22,25(a)	-1,9(a)	-20,32(a)	-28,69 (a)	-30,71 (a)
p	<,001	<,001	,057	<,001	<,001	<,001

**Tabla 24.** *Frecuencias y porcentajes.*

	Frecuencia	%
Restador >Compañero sacador	2369	67,3
Sacador>Compañero sacador	2590	73,5
Sacador > Compañero restador	2661	75,6
Sacador >Restador	2219	63,0
Restador> Compañero restador	2461	69,9
Compañero sacador > Compañero restador	1881	53,4

La gráfica 5 representa una comparativa de las medianas de distancia recorrida por punto en función del rol del jugador.



**Gráfica 5.** *Medianas de distancia recorrida por punto (m), en función del rol del jugador.*

**6.4.2. Resultados relativos al objetivo específico 4.2 (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento).**

En primer lugar procedemos como siempre a realizar las pruebas de normalidad (tabla 25).

**Tabla 25.** Pruebas de normalidad en función de los 4 roles diferentes en pádel.

Nivel	Rol	Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Estadístico	gl	Sig.
Alto	Distancia sacador	,140	1147	<,001
	Distancia compañero sacador	,155	1147	<,001
	Distancia restador	,121	1147	<,001
	Distancia compañero restador	,136	1147	<,001
Medio	Distancia sacador	,147	1305	<,001
	Distancia compañero sacador	,162	1305	<,001
	Distancia restador	,142	1305	<,001
	Distancia compañero restador	,168	1305	<,001
Bajo	Distancia sacador	,150	1070	<,001
	Distancia compañero sacador	,149	1070	<,001
	Distancia restador	,125	1070	<,001
	Distancia compañero restador	,162	1070	<,001

A partir de las pruebas de normalidad, realizamos pruebas no paramétricas, en este caso la prueba Friedman (tabla 26).

**Tabla 26.** Descriptivos y estadísticos de contraste de la prueba Friedman en los 4 roles en pádel en nivel.

Nivel	Rol	M	Mn	DT	Rango promedio	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. Asintó
Alto	Distancia sacador	13,61	10,40	9,8	3,24	1147	804,96	3	<,001
	Distan compa sacador	10,45	7,23	10	1,96				
	Distancia restador	12,35	10,07	9,6	2,79				
	Distan compa restador	10,68	8,41	9,5	2,01				
Medio	Distancia sacador	14,16	10,64	12	3,16	1305	653,46	3	<,001
	Distan compa sacador	11,72	8,29	11,8	2,11				
	Distancia restador	13,06	9,81	11,6	2,70				
	Distan compa restador	11,77	8,4	12,2	2,04				
Bajo	Distancia sacador	9,13	6,91	7,6	2,95	1070	359,02	3	<,001
	Distan compa sacador	7,93	5,47	7,5	2,33				
	Distancia restador	8,63	6,67	7,2	2,74				
	Distan compa restador	7,46	5,23	7,5	1,98				

Ahora realizamos comparaciones por pares, ajustando la significatividad según Bonferroni a  $p < ,0083$ . Observando la tabla 26 y 27 podemos observar que independientemente del nivel, la mediana del jugador que saca siempre fue significativamente mayor que la del resto de jugadores, Además, como podemos observar en la tabla 28, el porcentaje de puntos en que corre más distancia que cualquiera del resto de jugadores, aumenta a medida que aumenta el nivel de juego.

La mediana de distancia recorrida por el restador, independientemente del nivel, fue significativamente superior tanto a su compañero como al compañero del sacador. Además, como podemos observar en la tabla 28, el porcentaje de puntos en que corre más distancia que su compañero y el compañero del sacador, aumenta a medida que aumenta el nivel de juego.

Finalmente, la mediana del compañero del sacador sólo fue superior a la del compañero del restador en nivel bajo. En nivel medio y alto fue incluso inferior, y aproximadamente las diferencias estaban repartidas al 50% excepto en nivel bajo que el compañero del sacador corrió más distancia en un 60 % de los puntos.

**Tabla 27.** Prueba Wilcoxon comparando muestras relacionadas por pares.

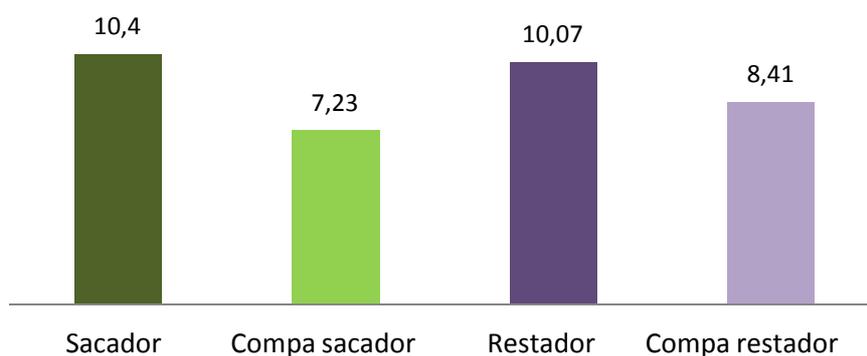
Nivel	Sacador vs restador	Restador vs compañero restador	Compañero Restador vs compañero sacador	Restador vs compañero sacador	Sacador vs compañero sacador	Sacador vs compañero restador
Alto	Z -10,26	-14,03	-2,14	-14,99	-19,25	-19,27
	p ,000	,000	,032	,000	,000	,000
Medio	Z -9,2	-12,2	-,503	-11,9	-18,2	-18,58
	p ,000	,000	,62	,000	,000	,000
Bajo	Z -4,90	-12,42	-5,44	-7,7	-10,7	-14,76
	p <,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001

**Tabla 28.** Frecuencias de las comparativas de distancia por punto en función del rol, según el nivel de rendimiento.

Comparación de roles	Alto	%Alto	Medio	%Medio	Bajo	%Bajo
Restador > Compañero sacador	847	73,8	859	65,8	663	62
Sacador > Compañero sacador	903	78,7	987	75,6	700	65,4
Sacador > Compañero restador	909	79,3	991	75,9	761	71,1
Sacador > restador	758	66,1	835	64	626	58,5
Restador > Compañero restador	820	71,5	886	67,9	755	70,6
Compañero saca > Compañero resta	557	48,5	680	52,1	644	60,2
Puntos jugados	1147	100	1305	100	1070	100

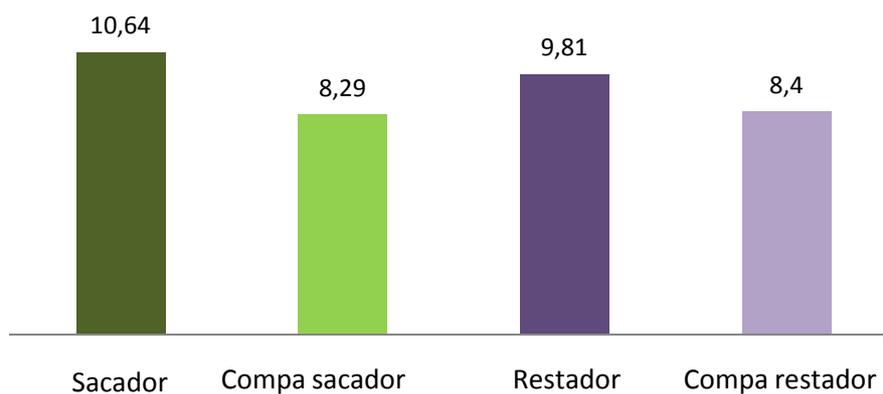
Las gráficas 6, 7 y 8 representan las diferencias entre las medianas recorridas por cada jugador en función del rol que desempeña en el punto, para nivel alto, medio y bajo, respectivamente.

### Nivel alto

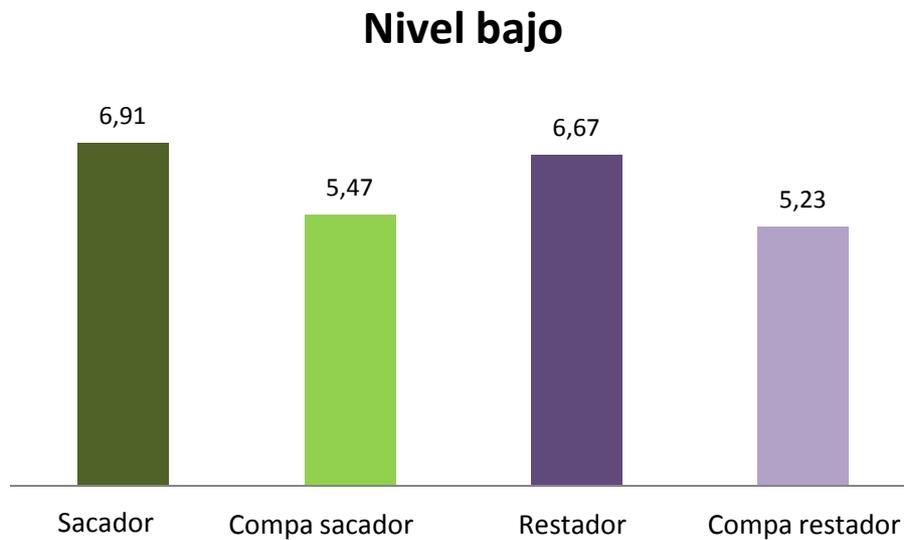


**Gráfica 6.** *Medianas de distancia recorrida por punto, en función del rol del jugador en nivel alto.*

### Nivel medio



**Gráfica 7.** *Medianas de distancia recorrida por punto (m), en función del rol del jugador en nivel medio.*



**Gráfica 8.** Medianas de distancia recorrida por punto (m), en función del rol del jugador en nivel bajo.

**6.4.3. Resultados relativos al objetivo específico 4.3 (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto).**

En primer lugar, realizamos la prueba K-S normalidad entre los ganadores y perdedores de cada punto.

**Tabla 29.** Prueba K-S normalidad en función del resultado del punto.

Variable	Resultado	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	p
Distancia punto	Derecha	,142	7074	<,001
	Revés	,141	7074	<,001

Realizamos un prueba Wilcoxon que nos indicó que la mediana de distancia recorrida por punto de los jugadores de revés fue de 8,47 m, fue significativamente superior que los 7,9 m de los jugadores de derecha ( $Z=-10,27; p < ,001$ ). No obstante, el porcentaje de veces que los jugadores de revés han corrido más distancia que los jugadores de derecha ha sido sólo en un 54,2% de los puntos.

**Tabla 30.** *Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto en función de la posición de cada jugador.*

		M	Mn	DT	N	Z	p
Distancia activa punto	Derecha	10,68	7,9	9,9	3232(a)	-10,27	<,001
	Revés	11,37	8,47	10,5	3841(b)		

a Revés < Derecha

b Revés > Derecha

#### **6.4.4. Resultados relativos al objetivo específico 4.4 (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable mano dominante).**

Como ya dijimos en el apartado de metodología la muestra se dividió en función de los partidos en que en la posición de derecha había un zurdo y en los que había un diestro. En este caso que analizamos por puntos, estos se catalogaban en puntos que pertenecían a parejas con zurdo o a parejas en que los 2 jugadores que la componían eran diestros. La tabla 31 muestra la prueba de normalidad de las muestras de ganadores y perdedores en partidos disputados y desiguales.

**Tabla 31.** Pruebas de normalidad en función del resultado, clasificadas por el nivel de disputa.

Distancia activa punto	Resultado	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	p
Diestros	Derecha	,143	6550	<,001
	Revés	,141	6550	<,001
Zurdos	Derecha	,145	524	<,001
	Revés	,169	524	<,001

Se realizaron pruebas no paramétricas, que se muestran en tabla 32 que indica los descriptivos y estadísticos de contraste de la prueba Wilcoxon. Podemos observar que las diferencias de los valores de la mediana, son mayores cuando los 2 miembros que conforman la pareja son diestros. De hecho, en los puntos en que ambos jugadores son diestros, la mediana de distancia recorrida durante el punto, por el jugador de derecha, alcanzó 7,96 m, fue significativamente superior a los 8,54m de los jugadores en posición de revés ( $Z = -10,07$ ;  $p < ,001$ ). Incluso a pesar de haber diferencias en el grupo de partidos disputados, solo en un 54,3% de los casos los jugadores al revés corrieron más que su compañero a la derecha.

Estas diferencias también se dieron en la mediana de distancia recorrida en los puntos en que el jugador de derecha es zurdo ( $Z = -2,09$ ,  $p < ,05$ ) aunque las diferencias de los valores de la mediana también se redujeron, llegando a ser mayor la del jugador de derecha. Esta última muestra también era más pequeña y si miramos otros datos como la media o el rango promedio, es el jugador de revés quien alcanza los valores más altos. Además, los reveses corrieron un mayor número de veces más distancia que su compañero zurdo, un 54%, siendo

la misma proporción casi que cuando ambos jugadores de la pareja eran diestros.

**Tabla 32.** *Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función de la posición de cada jugador por punto, controlando la mano dominante del jugador en la derecha.*

Distancia activa partido		M	Mn	DT	N	Rango promedio	Z	p
Diestros	Derecha	10,74	7,96	10	2991(a)	3071	-10,07	<,001
	Revés	11,43	8,54	10,6	3559(b)	3447		
Zurdos	Derecha	9,94	7	8,7	242(a)	255	-2,09	,036
	Revés	10,57	6,95	9,92	283(b)	269		

a Revés < Derecha

b Revés > Derecha

**6.4.5. Resultados relativos al objetivo específico 4.5. (Comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento).**

En primer lugar realizamos las pruebas de normalidad entre la distancia recorrida por punto, en función de los 3 niveles de juego (tabla 33).

**Tabla 33.** *Pruebas de normalidad en función de la posición de juego clasificadas por el nivel de rendimiento.*

Distancia activa por punto	Resultado	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	p
Nivel alto	Derecha	,121	2300	<,001
	Revés	,126	2300	<,001
Nivel medio	Derecha	,145	2633	<,001
	Revés	,145	2633	<,001
Nivel bajo	Derecha	,135	2141	<,001
	Revés	,137	2141	<,001

**Tabla 34.** Descriptivos y estadísticos de contraste de la distancia recorrida por punto, en función de la posición del jugador, controlando el nivel de rendimiento

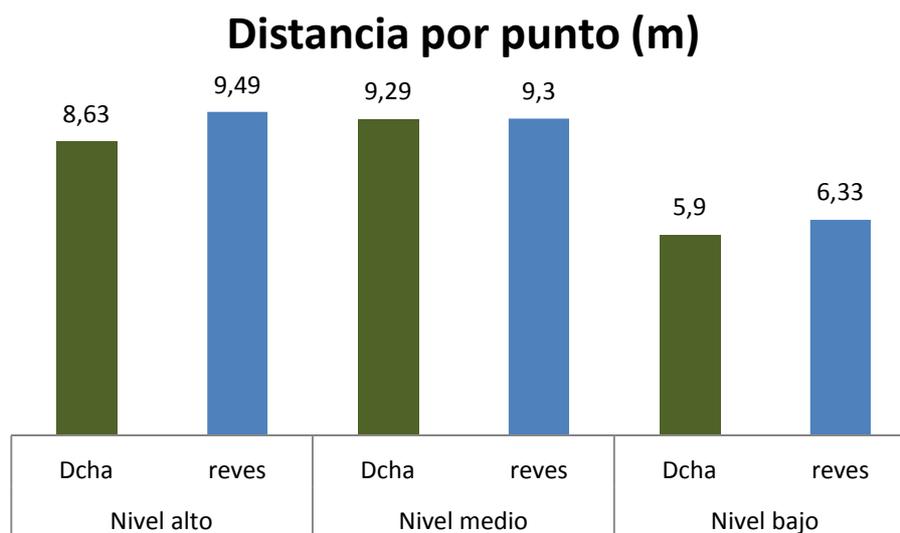
Distancia activa partido		M	Mn	DT	N	Rango promedio	Z	p
Nivel alto	Derecha	11,12	8,63	9,1	978(a)	1028	-9,95	<,001
	Revés	12,39	9,49	10,4	1321(b)	1240		
Nivel medio	Derecha	12,54	9,29	11,8	1323 (a)	1283	-,98	,326
	Revés	12,71	9,3	12	1311(b)	1353		
Nivel bajo	Derecha	7,94	5,9	7,1	932 (a)	998	-7,61	<,001
	Revés	8,63	6,33	7,8	1210 (b)	1128		

a Revés < Derecha

b Revés > Derecha

En la tabla 34 se observa que la mediana en nivel alto de la distancia recorrida por el jugador de revés en cada punto fue de 9,49 m, fue significativamente superior a los 8,63m de los jugadores de derecha ( $Z= -9,95$ ;  $p < ,001$ ). Sin embargo, sólo en un 57% de los casos los valores de los jugadores al revés fueron superiores a los jugadores de derecha. También en nivel bajo, la mediana de la distancia recorrida por el jugador de revés en cada punto fue de 6,33 m, fue significativamente superior a los 5,9 m de los jugadores de derecha ( $Z= -7,61$ ;  $p < ,001$ ) También se repitió la misma proporción que en nivel alto, siendo sólo en un 575 de los puntos donde los jugadores de revés, corrieron más que los de derecha. Sin embargo, en nivel medio, no sólo no se dieron las diferencias, sino que además hubo más ocasiones donde corrió más el jugador a la derecha que el jugador al revés.

La gráfica 9 muestra las diferencias en las medianas según la posición de juego dependiendo del nivel.



**Gráfica 9.** *Medianas de distancia recorrida por punto, en función de la posición del jugador del jugador según el nivel de rendimiento.*

## **CAPÍTULO 7**

---

## **DISCUSIÓN**



## 7. DISCUSIÓN

En este apartado, para cada objetivo general discutiremos cada uno de los objetivos específicos.

### **7.1. Discusión relativa al objetivo general 1 (cuantificar la magnitud de carga física de competición en pádel).**

#### ***7.1.1. Discusión relativa al objetivo específico 1.1. (cuantificar la distancia recorrida de cada jugador por partido en cada fase de juego.)***

Nuestra hipótesis era que *“la distancia recorrida durante la fase activa de juego sería parecida a la recorrida en la fase pasiva de juego”*.

En efecto, la distancia media recorrida por los jugadores en la fase activa fue prácticamente la misma (un 51% de la total), que en la fase pasiva. Si bien es cierto que los estudios precedentes (Ramon-Llin et al 2012a; 2012b) indicaban que en jugadores de élite la distancia activa representaba en torno a un 47 y 48 % de la total. Esta diferencia puede ser debida a que los jugadores de élite, aprovechan más los descansos entre puntos para animarse o comentar aspectos tácticos, dando una mayor distancia en la fase pasiva.

#### ***7.1.2. Discusión relativa al objetivo específico 1.2 (cuantificar el volumen de carga a través de la distancia recorrida, por cada jugador, en cada unidad de juego, en tiempo activo).***

Nuestra hipótesis era que *“al cuantificar la distancia recorrida habría una gran variabilidad debido a que también hay una gran variabilidad en la duración de cada partido. La variabilidad aumentaría cuando la unidad de juego se*

*redujera de partido, a set, de set a juego y de juego a punto. La distancia recorrida calculamos que disminuiría cerca de  $\frac{1}{2}$  al comparar set y partido, se reduciría cerca de  $\frac{1}{9}$  al comparar set y juego, y se reduciría cerca de  $\frac{1}{6}$  al comparar juego y punto”.*

Nos sorprendió que la variabilidad de distancia recorrida en la fase activa fue ligeramente inferior en los datos por set (CV = ,43) que por partido (CV = ,45). Sin embargo, la variabilidad aumentó claramente en los datos por juego (CV = ,67) y todavía más en el análisis por punto (CV = ,93) tal y como habíamos predicho. Martínez-Gallego et al (2013) ya sugirieron una gran variabilidad en el análisis por juego.

En cuanto a las proporciones de distancia recorrida en la fase activa de las diferentes unidades de juego los resultados indicaron que la distancia activa de cada juego era 6,8 veces superior a la recorrida en cada punto, habiéndose hipotetizado que sería 6 veces superior. Proporciones similares obtuvieron Comellas y Viñaspre (2000) indicando 6,2 puntos de media por juego. Almonacid (2012) obtuvo 64 puntos de media por set, mientras que Comellas y López Viñaspre (2000) obtuvieron 62 puntos por set. Así que la relación de distancia activa por set, estaría en torno a las 9 o 10 veces por juego, lo que coincidió bastante con nuestros resultados (8,9 veces). Finalmente, la distancia activa por partido fue 2,2 veces la distancia recorrida por set, ya que la mayoría de partidos se resolvieron en 2 sets.

**7.1.3. Discusión relativa al objetivo específico 1.3. (determinar la correlación existente entre la distancia recorrida por partido, el tiempo de partido y el nº de puntos disputados, en cada fase de juego).**

Nuestra hipótesis era que *“las variables, distancia recorrida por partido, tiempo de juego y número de puntos disputados tendrían una correlación muy alta entre ellas. En los partidos que más puntos se disputen, al durar más, el jugador tendría más tiempo para recorrer una mayor distancia.”*

Esta hipótesis se verificó como era predecible. Así, el número de puntos disputados tuvo una correlación de ,89 con el tiempo total de juego, y el tiempo total de juego tuvo una correlación de ,92 con la distancia total recorrida. De esta forma, el número de puntos disputados tuvo una correlación de ,87 con la distancia total recorrida.

**7.1.4. Discusión relativa al objetivo específico 1.4 (cuantificar la intensidad de carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido, en cada fase de juego).**

Nuestra hipótesis era que *“la velocidad de desplazamiento media de cada jugador sería mayor en las fases activas de juego que en las fases pasivas.”*

Era una hipótesis básica basada en que los jugadores en el tiempo de descanso, o están parados o si se mueven, es andando a recoger una pelota o para cambiar de lado, mientras que durante el punto, es cuando van a tener que desplazarse a las pelotas que les juegan sus rivales, y por tanto tendrán que correr. Así la velocidad media en el tiempo de descanso (0,67 m/s) fue el 65% de la velocidad media en la fase activa (1,04 m/s). Además, estos resultados coinciden con los de estudios previos (Ramón-Llin et al. 2012a, 2012b), en que

las velocidades en fase pasiva estuvieron en torno a los 0,6 m/s , y las velocidades en fase activa estaban en torno a los 1,20 m/s. De hecho también es interesante apuntar que los estudios previos se realizaron en jugadores de élite, y si bien en la fase pasiva promediaron una velocidad menor que en esta tesis, en la fase activa promediaron una velocidad mayor.

**7.1.5. Discusión relativa al objetivo específico 1.5 (cuantificar la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido).**

Nuestra hipótesis era que *“la relación tiempo de juego : tiempo de descanso sería mayor en la fase pasiva, siguiendo la tendencia de Ramón-Llin et al. (2012a)”*.

Si bien es cierto que Sañudo et al. (2008) indicaron una relación de tiempo activo : tiempo pasivo de 1:0,79, y Almonacid (2012 )indicó en partidos de rondas finales de jugadores de élite que esa relación era de 1:0,99, Ramón-Llin et al (2012a) habían indicado una relación de 1:2,5 en un jugador de máxima élite durante un partido fácil. Esto puede sugerir que en el estudio de Ramón-Llin et al (2012) los puntos acabaron rápido, mientras que en el estudio de Almonacid (2012a) en rondas finales, los puntos estuvieran más disputados y por tanto, duraron más. Así en esta tesis la relación tiempo de juego : tiempo de descanso tuvo una relación de 1:1,5, favorable al tiempo de descanso como habíamos previsto, aunque no en la misma medida que el estudio que se había tomado como referencia (Ramón-Llin et al. 2012a).

En cuanto, a la media de duración del punto, esta tesis indicó resultados intermedios (10,5 s) frente a los estudios previos de 15 s (Almonacid, 2012) y 7,24 s (Sañudo et al., 2008).

#### **7.1.6. Discusión relativa al objetivo específico 1.6. (comparar la carga física de pádel con otros deportes).**

*Nuestra hipótesis era que “la distancia recorrida en pádel sería similar a la recorrida en tenis, mayor que en squash y menor que deportes como fútbol o rugby. La velocidad media de desplazamiento sería menor al tenis ya que hay menos espacio para alcanzar grandes velocidades. Sin embargo, pensamos que la media de duración del punto sería superior al tenis y al squash, y por tanto, la relación trabajo : descanso sería también mayor que en esta 2 últimas modalidades.”*

En deportes como fútbol o baloncesto, de media se corrió más distancia en comparación a los resultados de esta tesis. También es cierto, que la media de duración de los partidos de esta tesis fue de 59 min mientras que el fútbol dura 1 hora y media mínimo, y el baloncesto, el tiempo de partido muchas veces se prolonga hasta la hora y media o 2 horas. No obstante, los estudios en fútbol (Barros et al., 2007) y en baloncesto (Erculj et al., 2008) indican que la media de velocidad de desplazamiento en partido son superiores, en fútbol en el tiempo total, y en baloncesto, al menos cuando los jugadores están en el campo (fase activa).

En comparación con los deportes de raqueta, la distancia recorrida por partido en esta tesis (2900 m) fue muy parecida a la que recorrieron los jugadores veteranos en tenis (3000-3500 m) en el estudio de Fernández-

Fernández et al. (2009). Además el tiempo medio de partido en los 2 estudios también fue prácticamente el mismo (59 minutos y 1 hora respectivamente). Más rápidos fueron, no obstante, los jugadores de tenis de élite en el estudio de Martínez-Gallego et al. (2013), los cuales alcanzaron una velocidad media de 1,35 m/s. Sin embargo pensamos que la distancia que se va a recorrer en pádel y tenis estará muy influenciada por el número de puntos disputados. De hecho, para muestras con parecidos valores de puntos disputados, las distancias en estos 2 deportes serán parecidas. Nos basamos en que probablemente en tenis, la media de velocidad de desplazamiento será mayor que en pádel debido a más espacio disponible para alcanzar altas velocidades, pero sin embargo, en pádel el punto dura más que en tenis.

Con respecto al squash, en pádel se corre a una velocidad parecida si comparamos con los estudios de Vučković et al. (2005). Esto se debe a que en squash, pese a tener un tamaño más reducido el espacio de juego, la dinámica de juego obliga a grandes aceleraciones en los desplazamientos. Además en pádel parece que se correrá un poco más de distancia que en squash, probablemente debido a que un set de squash dura de media 15 minutos (Vučković et al, 2005) y en nuestro caso, sabiendo que los partidos duraron de media 59 minutos y que la media de los partidos fue a 2,2 sets, el tiempo medio correspondiente a cada set fue de 27 minutos. De esta manera, en pádel los jugadores tienen casi el doble de tiempo por set para correr más distancia que en un set de squash.

## **7.2. Discusión relativa al objetivo general 2 (analizar la magnitud de carga física en 3 niveles de pádel).**

### ***7.2.1. Discusión relativa al objetivo específico 2.1. (comparar la distancia recorrida en tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento).***

Nuestra hipótesis era que *“la distancia recorrida sería mayor en el nivel que más hayan durado los partidos o más puntos haya disputado por partido.”*

Los estudios precedentes en tenis (p.e. Fernández-Fernández et al., 2009), y squash (Vučković et al., 2005), indicaban que corrieron más distancia los jugadores de más nivel. Ramón-Llin et al. (2010) obtuvieron que los jugadores que más corrieron eran primero los de nivel medio, luego los de nivel alto y finalmente los de nivel bajo. Sin embargo, también apuntaron que la media de juegos disputados por partido también había seguido el mismo orden que el de la distancia recorrida. De esta forma, y como ya vimos en los resultados del objetivo 1.3, la distancia recorrida guarda una relación muy alta con el número de puntos disputados y el tiempo de juego.

Así, las diferencias que encontramos entre la distancia recorrida entre niveles, puede ser debidas más a las diferencias en el número de puntos disputados entre unos niveles y otros, que a factores ligados a la diferencia de nivel.

### ***7.2.2. Discusión relativa al objetivo específico 2.2 (comparar la velocidad media de desplazamiento tiempo activo de cada jugador por partido entre 3 niveles de rendimiento).***

Nuestra hipótesis era que *“la velocidad de desplazamiento sería parecida en los 3 grupos, pero cuando se controlen las fases de juego, la velocidad en tiempo activo se incrementará con el aumento de nivel, debido a un mayor ritmo de juego”*.

Como preveíamos, a medida que sube el nivel de pádel, también sube la velocidad de desplazamiento durante el juego. Esto puede estar relacionado al igual que indicaban Vučković et al. (2005), con una mayor precisión en los golpes a medida que aumenta el nivel de juego, obligando a desplazamientos más largos y en menos tiempo. Además, por ejemplo, si comparamos los resultados de velocidad en nivel alto de esta tesis, son ligeramente inferiores a los aportados por Ramón-Llin et al (2012a, 2012b) en jugadores de elite.

No obstante, Fernández-Fernández et al. (2009) indicaron una relación distinta en los niveles de juego, apuntando que los jugadores de nivel alto iban más despacio durante el juego que los de nivel recreativo (3,8 y 5 km/h respectivamente).

### ***7.2.3. Discusión relativa al objetivo específico 2.3 (comparar la densidad de carga de cada partido según niveles).***

Nuestra hipótesis era que *“la relación tiempo de juego: tiempo de descanso aumentaría con el aumento de nivel, debido a que el punto durará más tiempo por un mayor equilibrio ataque defensa”*.

Esta hipótesis se verificó solo parcialmente. Si bien es cierto que al pasar de nivel bajo a nivel medio, la relación tiempo de juego: tiempo de descanso aumenta (de 0,61 a 0,78), se reduce al pasar de nivel medio a nivel alto. Nuestra interpretación es que la relación tiempo de juego: tiempo de descanso aumenta de nivel medio a nivel bajo, posiblemente debido a que los puntos duraron menos en nivel bajo, como consecuencia de fallos prematuros. En cambio, en nivel medio, los jugadores ya adquieren un control suficiente de los golpes, equilibrando su juego de ataque y defensa de manera que el punto dura más. Sin embargo, en nivel alto, pensamos que lo que ocurre es que se rompe el equilibrio entre ataque y defensa a favor del ataque, y además, en caso de que los puntos se alarguen, los jugadores al jugar a una intensidad más alta, necesitan más descanso aprovechando al máximo los tiempos entre puntos, y sobre todo en el cambio entre juegos, para recuperarse lo antes posible, y para favorecer las relaciones de comunicación (táctica y ánimos) con su compañero. De esta forma, al aumentar el tiempo de descanso en nivel alto, se rompe la relación de tiempo de juego : tiempo de descanso con el nivel de juego.

### **7.3. Discusión relativa al objetivo general 3 (analizar las diferencias de volumen de carga física realizado entre ganadores y perdedores).**

#### ***7.3.1. Discusión relativa al objetivo específico 3.1 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada partido).***

Nuestra hipótesis era que *“no se encontrarían diferencias en cuanto a la distancia recorrida por partido debido a que los perdedores ganan un porcentaje cercano al 50% de los puntos”*.

Efectivamente, no encontramos diferencias entre la distancia recorrida por partido entre ganadores y perdedores. Como ya dijimos, las diferencias en puntos ganados muchas veces son muy pequeñas, y en este caso, los perdedores ganaron de media un 43% de los puntos. De hecho la mediana de distancia recorrida por los jugadores perdedores fue incluso inferior a la de los ganadores. Además sólo en el 57 % de las veces los perdedores corrieron más distancia que los ganadores.

#### ***7.3.2. Discusión relativa al objetivo específico 3.2 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de cada punto).***

Nuestra hipótesis era que *“los perdedores del punto correrían más distancia al igual que pasa en algunos estudios precedentes de squash (Hughes y Franks, 1994), debido a un mayor éxito de la estrategia de mover al oponente.”*

Encontramos diferencias en función del resultado, siendo los perdedores los que más corrieron durante el punto. Por tanto, como indicaban Vučković y

James (2010) las diferencias en función del resultado aparecen al aumentar la muestra analizando por punto y no por partido. Estas diferencias en distancia recorrida pueden relacionarse con un mayor éxito de las estrategias de mover al oponente, al igual que pasó en un estudio de Hughes y Franks( 1994) en squash.

No obstante, las diferencias fueron muy pequeñas, ya que por ejemplo los ganadores corrieron más distancia que los perdedores en un 49,2% de los puntos. Este pequeño margen, puede muchas veces llevar a invertir la relación y ser los ganadores los que corrieron más distancia, como ya ha pasado en tenis (Martínez-Gallego et al., 2012) y también en squash (Vučković et al., 2004).

### ***7.3.3. Discusión relativa al objetivo específico 3.3 (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de disputa del partido).***

Nuestra hipótesis era que *“las diferencias en una mayor distancia recorrida por punto en el caso de los perdedores, se acentuarían en los partidos desiguales y desaparecerían en los partidos muy disputados”*.

Esta hipótesis no se verificó. Pensábamos que las diferencias entre ganadores y perdedores, en caso de darse, se incrementarían al diferenciar entre partidos disputados y partidos desiguales. Sin embargo, los resultados indicaron valores contrarios, es decir, fue en los partidos disputados donde aumentaron las diferencias entre la distancia recorrida por ganadores y por los perdedores, siendo estos últimos los que más corrieron. Además, en los partidos desiguales, no solo es que no hubieron diferencias entre la distancia recorrida, sino que hubo un mayor número de veces que los ganadores corrieron más distancia que los perdedores.

La explicación que podemos encontrar es que en los partidos disputados tuvieron más éxito las estrategias de mover al rival, mientras que en los partidos poco disputados, tuvieron éxito otras estrategias como tratar de no perder la red mediante desplazamientos rápidos adelante y atrás, o emplear golpes ganadores que no dieron opción al oponente ni siquiera de moverse. Esta explicación necesitaría verificación en estudios posteriores, los cuales deberían controlar el tipo de golpe que realizan los jugadores y la posición en la pista que tienen en el momento de golpear.

***7.3.4. Discusión relativa al objetivo específico 3.4. (comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores, a nivel de punto, controlando la variable nivel de rendimiento).***

Nuestra hipótesis era que *“los perdedores correrían más distancia por punto que los ganadores al menos en nivel alto y medio debido al éxito de mover al rival, y en bajo probablemente no habría diferencias debido a una gran disparidad de estrategias de juego y éxito”*.

Se verificó que las diferencias de una distancia recorrida mayor por parte del perdedor, aparecerían en nivel alto, y no en nivel bajo. Sin embargo, también se hipotetizaron diferencias en nivel medio que luego no se verificaron. Pensamos, que en nivel alto tuvieron éxito las estrategias de mover al oponente, buscando que éste deje una pelota atacable para seguir moviéndole, o buscar un golpe ganador.

Cuando analizamos la distancia recorrida por punto sin tener en cuenta el nivel, encontramos diferencias en el sentido de que el perdedor corría más

distancia. Estas diferencias se debieron completamente a las diferencias que se dieron en nivel alto, ya que en nivel medio y bajo, no aparecieron.

También, a partir de estos resultados podemos entender, que no aparecieran diferencias en el objetivo 3.3. que explicamos en el apartado anterior. De hecho, hemos visto que las diferencias se dan en nivel alto, y se invierten en nivel bajo. En el apartado de metodología vimos que de la muestra total de los 27 partidos, de los 13 partidos disputados que habían, 6 eran de nivel alto y sólo 1 de nivel bajo. Una muestra alta de partidos de nivel alto, y pequeña de nivel bajo, explicaría que encontraríamos diferencias en la distancia recorrida por punto en función del resultado en los partidos disputados.

Viceversa con los partidos desigualados. La muestra que los componían estaban formada por 8 partidos de nivel bajo, y 3 de nivel medio y bajo (en total 14). Una muestra con un porcentaje alto en partidos de nivel bajo y un porcentaje bajo en partidos de nivel alto favorece no encontrar diferencias en función del resultado, como pasó en el apartado anterior.

## **7.4. Discusión relativa con el objetivo general 4 (analizar las diferencias de volumen de carga física en función del rol del jugador y de la posición en la pista).**

### **7.4.1. Discusión relativa con el objetivo específico 4.1 (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto).**

Nuestra hipótesis era que *“por orden de mayor a menor, en cada punto correría más distancia, el que saca que muchas veces sube a la red, luego el que resta que muchas veces se tiene que desplazar para restar, seguido por el compañero del que saca y finalmente el compañero del que resta”*.

El sacador fue el jugador que más distancia recorrió, probablemente debido a un mayor número de golpes y también a que en pádel se utiliza la estrategia de saque-volea (Ramón-Llin et al., 2013) que también se aplica en tenis (Hughes y Moore, 1998), en busca de ganar una posición más cercana a la red que permita atacar (Almonacid, 2012; Ramón-Llin et al., 2013).

También se verificó que el segundo jugador que más distancia corría por punto, era el restador, probablemente debido a que en los puntos cortos tuvo que moverse para golpear el resto, y en caso de fallar ese golpe, apenas dió oportunidad de moverse al resto de jugadores. Además, los restadores suelen colocarse cerca de la pared lateral defendiendo así su flanco más débil, y por eso, en muchas ocasiones el sacador golpea a la “T” buscando que el restador se desplace hacia el centro de la pista y por tanto ocasionando una mayor distancia recorrida.

Se verificó parcialmente que el compañero del sacador corrió más que el compañero del restador, al menos, en cuanto a número de puntos. Sin embargo, la mediana por ejemplo, fue mayor la del compañero del sacador. Esta fue la única comparativa entre 2 roles diferentes en la que no hubo diferencias significativas en las medianas.

Ramón-Llin et al. (2013) indicaron que estos resultados tienen su aplicación de cara a las consecuencias que puede ocasionar una mayor fatiga en un determinado rol. Así, el jugador que más veces esté al servicio, o que más puntos necesite disputar para finalizar los juegos en que está al servicio, cubrirá una distancia mayor pudiendo verse más fatigado. Así, una de las estrategias en pádel es cargar el juego al jugador más fatigado.

Otro aspecto interesante, es que el restador es el segundo más fatigado del punto normalmente. A un jugador rival fatigado se le puede aplicar una estrategia de saque a la “T” que probablemente le obliga a un mayor desplazamiento, aumentando todavía más su cansancio.

En futuros estudios, sería interesante correlacionar la distancia recorrida por cada jugador en función del rol, y el número de golpes que realizan por punto. Parece lógico que el jugador que golpee la pelota más veces, será el que más distancia deba cubrir.

**7.4.2. Discusión relativa al objetivo específico 4.2 (comparar la distancia recorrida en función del rol desempeñado por el jugador en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento).**

Nuestra hipótesis era que *“las diferencias de distancia recorrida en cada punto en función del rol explicadas en la hipótesis 13 relativa al objetivo 4.1. aparecerían en 3 niveles de juego, pero serían mayores al aumentar el nivel”*.

Se verificó completamente esta hipótesis. Las diferencias de roles en cuanto a la distancia recorrida, se ven aumentadas en cuanto al porcentaje de veces que se da esa diferencia, a medida que aumentamos el nivel. Así las diferencias entre el sacador y el restador, o el restador y el sacador alcanzan sus valores máximos en nivel alto.

Únicamente se rompió esa tendencia entre el compañero del sacador y el compañero del restador, donde en nivel medio no hubo diferencias significativas, y además en nivel alto se invirtió la tendencia en cuanto al porcentaje de veces que el compañero del sacador corría más que el compañero del restador, siendo este último el que corrió más distancia en más ocasiones.

Suponemos que las explicaciones del incremento entre las diferencias pueden estar basadas, en que a medida que se incrementa el nivel de juego, el jugador sacador aumenta el número de veces en que realiza la estrategia saque-red, y ve aumentada su distancia. También pensamos que en nivel alto, los jugadores sacarán más en dirección a la “T” originando mayores desplazamientos al restador.

En cambio, en el nivel más bajo, los jugadores al servicio, frecuentemente no suben a la red, unas veces por falta de condición física y otras porque no son

capaces de aprovechar la ventaja que les confiere una situación más próxima a la red. Además, al tener menor precisión en el golpeo del saque, buscarán saques más centrados para no fallar, de manera que no obligan a desplazarse al jugador restador.

#### ***7.4.3. Discusión relativa al objetivo específico 4.3 (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto).***

Nuestra hipótesis era que *“el jugador de revés correría más distancia ya que si la mayoría son diestros, las pelotas en el medio quedarían para golpear de drive al jugador del revés”*.

Si bien es cierto, que el estudio precedente de Almonacid (2012) indicaba que ambos jugadores de la pareja participaban en la misma medida, entre los entrenadores de pádel es común pensar que el jugador de revés corre mucho más que el de derecha. Se verificó nuestra hipótesis puesto que el jugador de revés corrió significativamente más que el de derecha. Sin embargo, esas diferencias sólo se dieron en un 54,2 % de los puntos.

Normalmente, el razonamiento que hacemos los entrenadores, es que cuando ambos jugadores son diestros, las pelotas que se quedan en la zona central se quedan para golpear de drive al jugador que está en la posición de revés. Precisamente, debido a esa razón, cuando ambos jugadores son diestros, se suele colocar al jugador con mejor remate en la posición de revés. Pero esta última estrategia, hace que los jugadores cuando están en el fondo de la pista y tiene que defender con un golpe de globo, traten de buscar una dirección hacia el jugador rival en posición de derecha, que teóricamente tiene un remate

menos eficaz. Con estas 2 teorías, las distancias entre ambos jugadores tenderían a ser parecidas, coincidiendo con los resultados de Almonacid (2012), quien además señaló que los jugadores tienen tendencia a atacar más a uno de los 2 oponentes y a defender hacia el otro oponente.

Además, como hemos visto en los apartados precedentes, relativos a los objetivos 4.1 y 4.2, el jugador al saque corre mayor distancia. Esto afectaría también a que independientemente de la posición del jugador, el jugador de la pareja que saque mayor número de veces, tendrá mayor probabilidad de cubrir más distancia.

#### ***7.4.4. Discusión relativa al objetivo específico 4.4 (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable mano dominante).***

Nuestra hipótesis era que *“en los partidos que hay un zurdo jugando en la posición del deuce (derecha) y un diestro en la posición de la ventaja, no habría diferencias en la distancia recorrida, y si encontraríamos esas diferencias en los partidos en que ambos son 2 diestros”*.

Se verificó que cuando ambos jugadores son diestros el jugador al revés corrió significativamente más distancia que el de derecha, aunque sólo en un 54,3% de las ocasiones.

En el caso de los zurdos en posición de derecha, nos sorprendió que la mediana fue significativamente mayor del zurdo en la derecha que del diestro en el revés. No obstante, el jugador de revés corrió un mayor número de veces que su compañero zurdo.

Podemos pensar que en las parejas que hay un zurdo, el diestro tenga una tendencia menor a coger las bolas en la zona central. Dado que la estadísticas demuestran que hay muchas más parejas en que los 2 jugadores son diestros, frente a parejas en que uno de los jugadores es zurdo (en nuestra muestra, sólo de las 54 parejas 4 tenían a un jugador zurdo, el cual siempre jugó en la posición de derecha), esto favorece que los jugadores mantengan la misma estrategia de defender con globos probablemente al jugador oponente en la derecha. Eso favorecería que el jugador zurdo en el lado derecho cubriese más distancia que el jugador en el lado izquierdo. Por tanto, parece que en las parejas en las que haya un jugador zurdo en el lado derecho puede darse que este jugador corra más que su compañero debido a que los rivales habitúan a jugar el globo defensivo al rival en la derecha, o simplemente también porque las bolas en zonas centrales también puede golpearlas de drive.

En cambio, las razones para que el jugador de revés corra más que su compañero zurdo, pueden estar relacionadas con que los oponentes pueden jugar globos defensivos al jugador en el revés evitando así los perjuicios tácticos que conlleva el ataque que les ocasiona el jugador zurdo en la derecha. Las futuras investigaciones deberían controlar el número y tipo de golpes que realiza cada jugador, además de la posición en la pista en el momento de golpear, para una mejor interpretación táctica de los resultados.

**7.4.5. Discusión relativa al objetivo específico 4.5 (comparar la distancia recorrida en función de la posición del jugador en la pista en cada punto, controlando la variable nivel de rendimiento).**

Nuestra hipótesis era que *“en todos los niveles el jugador de revés correría más distancia que el de revés, pero habría mayores diferencias en los niveles altos”*.

El jugador de revés (lado izquierdo) corrió más en nivel alto y bajo, y esas diferencias se dieron en mayor proporción en nivel alto. Sin embargo, en nivel bajo, no se dieron esas diferencias, e incluso el jugador de derecha llegó a correr un mayor número de veces más distancia que el de revés. Este último resultado sorprende, ya que toda la muestra de jugadores de nivel medio eran diestros, con lo cual la mano dominante no era una variable contaminante. Evidentemente, como ya venimos comentando en los apartados precedentes, hay otros factores que pueden tener una mayor influencia, como por ejemplo, que el jugador que sirve un mayor número de veces corre más distancia. También va a influir que uno de los 2 jugadores de la pareja sea más débil que el otro y los oponentes busquen cargar el juego hacia el jugador débil. Suponiendo que en alguno de los partidos, la estrategia llevada por una pareja haya sido cargar el juego hacia el oponente en el lado derecho, esto favorecería que el jugador en la derecha corriese mayor distancia. De cara a futuros estudios, sugerimos controlar el número de golpes que realiza cada jugador, así como también el número de saques efectuados.

Por último, profundizando aún más, en caso de que una pareja gane o pierda juegos al resto con marcador de 40-15, o 15-40, esto determinará que el jugador en la derecha restaría más veces que el de revés (izquierda), y como ya



vimos en el apartado 7.4.1., el jugador que resta cubre más distancia que su compañero.

## **CAPÍTULO 8**

---

### **CONCLUSIONES**



## 8. CONCLUSIONES

### 8.1. Conclusiones relativas al objetivo general 1.

El pádel es un deporte intermitente con instantes de trabajo durante el punto y momentos de descanso, teniendo los 27 partidos de este estudio una relación de tiempo de juego: tiempo de descanso de 1,5. Esta relación favorable al tiempo de descanso, tiene la consecuencia en que a pesar de que la velocidad de desplazamiento de los jugadores durante el juego (1,04 m/s), es mucho mayor que la que tienen en los momentos de descanso (0,67 m/s), se compensa de manera que la distancia media recorrida en tiempo activo es prácticamente la misma que durante el tiempo pasivo.

La distancia que recorrieron los jugadores tuvo una relación muy alta con el tiempo que los jugadores pasan jugando y estas dos variables dependen en gran medida del número de puntos disputados en el partido, independientemente del nivel que tengan los jugadores. En general, los juegos tuvieron de media 6,8 puntos, los sets tuvieron de media 9 juegos (61 puntos), y los partidos tuvieron de media 2,2 sets (134 puntos).

En comparación con otros deportes, parece que en un partido de fútbol o baloncesto la media de distancia que recorrerán los jugadores, será mayor que en pádel, debido unas veces a una velocidad de desplazamiento mayor, y otras a un mayor tiempo de juego. En este estudio, la distancia media fue de casi 3000 m, realizados en una media de 59 minutos aunque hubo partidos que se superaron los 6000 m. En comparación con el tenis, parece que la distancia recorrida en pádel será parecida cuando el número de puntos disputados sea el mismo. Esta similar distancia recorrida, se debe a que aunque en el tenis los jugadores pueden alcanzar mayor velocidad consiguiendo mayores valores en

promedio, la duración del punto en pádel es claramente mayor y por tanto, se compensa la menor velocidad media de los jugadores de pádel.

La distancia recorrida en pádel, es mayor que en el squash, ya que pese a que en el squash los jugadores alcanzan velocidades promedio muy parecidas al pádel, el tiempo de duración de los sets es bastante menor en squash que en pádel, al menos, con las muestras comparadas en esta tesis.

## **8.2. Conclusiones relativas al objetivo general 2.**

Los jugadores de nivel medio fueron los que más distancia recorrieron de media por partido en la fase activa de juego (1820 m), luego los jugadores de nivel alto (1316 m) y finalmente los de nivel bajo (1052m). Pero ya vimos en el apartado anterior que la distancia recorrida depende mucho del número de puntos disputados. De hecho, en referencia al número de puntos disputados por partido, la clasificación de los niveles siguió el mismo orden que en cuanto a la distancia recorrida, y así en los partidos de nivel medio fueron en los que más puntos se disputaron de media (149), luego en los de nivel alto (128) y finalmente en los de nivel bajo (119). Sin embargo, en la relación tiempo de juego: tiempo de descanso, la mayor fue en el nivel medio y la menor en nivel alto. Esto nos puede indicar que donde más duran los puntos es en el nivel medio, por ejemplo debido a un gran equilibrio entre la capacidad de ataque y defensa, pero también nos puede indicar que en nivel alto los jugadores aprovechan más los descansos para, por ejemplo, animarse, discutir aspectos tácticos o simplemente recuperarse.

En cuanto a la velocidad de desplazamiento, a diferencia del estudio de Fernández-Fernández et al. (2009), en este estudio obtuvimos que a medida que aumenta el nivel de juego existen diferencias significativas que indican que

la velocidad media de desplazamiento también sube. Pensamos que ese aumento de velocidad se debe a la mayor precisión en los golpes a medida que sube el nivel y también al mayor ritmo de juego.

### **8.3. Conclusiones relativas al objetivo general 3.**

Parece que cuando el perdedor del punto ha corrido más distancia que su rival, se puede asociar a un mayor éxito de las estrategias de mover al oponente (Hughes y Franks 1994). Dado que los perdedores ganan un porcentaje muy elevado de puntos por partido (en esta tesis un 43%) es difícil encontrar diferencias en la distancia recorrida cuando se comparan ganadores y perdedores de los partidos. Sin embargo, cuando realizamos el análisis de los ganadores y perdedores de los puntos sí aparecieron diferencias, pese a que las diferencias son relativamente pequeñas en cuanto a las veces que los perdedores corren más que los ganadores, como fue en nuestro caso.

Pensábamos que al diferenciar la muestra en partidos disputados y partidos desigualados íbamos a encontrar que los perdedores de los partidos desigualados iban a correr claramente más distancia que los ganadores, y que estas diferencias no aparecerían en los partidos disputados. Por el contrario, parece que en los partidos desigualados, los ganadores no dan opción al rival a moverse apenas de manera que los que más corren son los ganadores.

Las diferencias que obtuvimos entre los ganadores y perdedores del punto se debieron a las que se produjeron exclusivamente en nivel alto, ya que no existen en nivel medio, y en nivel bajo la tendencia fue ligeramente inversa. Las diferencias que se produjeron entre ganadores y perdedores en partidos disputados, se debieron probablemente, a que la muestra en los partidos

disputados tenía un gran porcentaje de partido de nivel alto y muy bajo de partidos de nivel bajo.

#### **8.4. Conclusiones relativas al objetivo general 4.**

Durante el punto en pádel, el que más corrió de los 4 jugadores fue el jugador al saque y luego el jugador al resto, y estas diferencias entre ellos con los demás jugadores se incrementaron con el aumento de nivel. Hemos asociado la distancia recorrida por el jugador que saca, a la táctica saque-red, ya que los jugadores aprovechan el momento del servicio para acercarse a la red y así comenzar llevando la iniciativa del punto. El desplazamiento del jugador que resta, se puede deber a los saques que le obligan a desplazarse especialmente hacia la zona “T” de la pista. Estas tendencias parecen reforzarse a medida que aumenta el nivel de juego.

En pádel existe el mito de que el jugador de revés corre mucho más que el de derecha. Almonacid (2012), por el contrario, ya indicó una participación muy similar en cuanto al número de golpes. Nuestros resultados, indicaron que el jugador de revés corrió más que el de derecha, fundamentalmente por las diferencias que se produjeron entre estos 2 jugadores en nivel alto, aunque también en nivel bajo pero en menor medida.

Normalmente, los entrenadores han justificado la creencia de que el jugador de revés corre más distancia que el de derecha, debido a que las pelotas en la zona central, en caso de que ambos jugadores sean diestros, serán golpeadas por el jugador de revés, realizando un drive. Esta creencia teóricamente desaparece en el caso de que el jugador en la derecha sea zurdo. No obstante, hemos encontrado que el jugador de revés corrió más que el de derecha independientemente de si el de derecha era zurdo o diestro, aunque

las diferencias. La explicación que dimos consiste en que hay una tendencia probablemente a que el jugador de revés participe más en las pelotas en la zona central a los 2 miembros de la pareja, o simplemente que las parejas han decidido cagar el juego al jugador de revés. También sería posible, que el jugador de revés hubiese corrido mayor distancia que el de derecha, debido a que haya efectuado un mayor número de puntos sacando que su compañero.

Como ya comentamos en la discusión, de cara a futuras investigaciones, sería interesante analizar además de la distancia recorrida, el número de golpes que realizan los jugadores, y en qué zona de la pista para una mejor interpretación táctica de los resultados. También sería interesante estudiar el número de saques y restos que realiza cada jugador puesto que puede cambiar la tendencia del jugador que corre más distancia en la pareja de pádel.



## CAPÍTULO 9

---

### REFERENCIAS



## 9. REFERENCIAS

- Abdelkrim, B. N., El Fazaa, S., y El Ati, J. (2007). Time\_motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 69-75.
- Ali, A. y Farrally, M.A. (1991). Computer-Video aided Time Motion Analysis Technique for Match Analysis. *Journal of Sport Medicine Physiology and Fitness*, 31, 82–88.
- Alvarez-Bedolla, A.(2003). Estrategia, táctica y técnica. Definiciones, características y ejemplos de los controvertidos términos. *Revista Digital EFDeportes*, 60.
- Alvero, J., Barrera, J. y Mesa A. (2006). Correlations of physiological responses in squash players during competition. In *IV World Congress of Science and Racket Sports*. Madrid.
- Bangsbo, J. (1994) Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences* 12, S5-S12.
- Bangsbo, J. (1997) The physiology of intermittent activity in football. *Science and Football III*, 43-53.
- Bangsbo, J., Norregaard, L., y Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16, 110-116.
- Barbero, G., (2007). Didáctica de una clase de pádel. *Retos. Nuevas tendencias en Educación física Deporte y Recreación*, 12, 54-57.

- Barnett, T., Meyer, D., y Pollard, G. (2008). Applying match statistics to increase serving performance. *Journal of Medicine and Science of Tennis*, 13(2), 24-27.
- Barris, S. (2008). Automatic tracking and the analysis of human movement. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 8, 102\_113.
- Barris, S. y Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Journal of Sports Medicine*, 38 (12), 1025-1043.
- Barros, R.L., Misuta, M.S., Menezes, R.P., Figueroa, P.J., Moura, F.M., Cunha, S.A., Anido, R. y Leite, N.J. (2007). Analysis of the distance covered by first division brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sport Science and Medicine*, 6, 233-242.
- Blomqvist, P., Luhtanen P., Laakso, L. (1998). Validation of a notational analysis system in badminton. *Journal of Human Movement Studies*, 35:137-50.
- Bloomfield, J., Polman, R. y O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63-70.
- Bon, M. (2001). *Kvantificirano vrednotenje obremenitev in spremljanje frekvence srca igralcev rokometamed tekmo* [Quantified evaluation of loading and monitoring of the heart rate of handball players during a match]. Doctoral dissertation. Ljubljana: Faculty of Sport.
- Brimberg, J., Hurley, W.J. y Lior, D.U. (2004). Allocating energy in a first-to-n match. *Journal of Management Mathematics*, 15(1), 25–37.

- Carrasco, L., Romero, S., Sañudo, B. y de Hoyo, M. (2011). Game analysis and energy requirements of paddle tennis competition. *Science and Sports*, 26, 6, 338-44.
- Carling, C. (2010). Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*. 28 (3), 319-326.
- Castellano, J., Casamichana, D. (2010). Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 98-103.
- Castellote, M. (2005). *Pádel un gran deporte*. Madrid: Bullpádel.
- Ciria, C. González, M. Ramos, A. y Millán, L. 2012. El pádel de la jet set a deporte popular. (En línea). Diciembre 2012. Recuperado 20-03-2013. Disponible en <http://www.dragondigital.es/2012/12/el-padel-de-la-jet-set-a-deporte-popular/>.
- Christmas, M., Richmond, S., Cable, N. (1998) Exercise intensity and metabolic response in single tennis. *Journal of Sports Sciences*, 16, 739-747-
- Collinson, L. y Hughes, M (2002). Surface effect on strategy of elite female tennis players. *Journal of Sports Science*, 21, 266–267.
- Comellas, J. y Lopez Viñaspre, P. (2001). Análisis de los requerimientos metabólicos en tenis. *Educación Física y Deportes* 65, 60-63.
- Coutts, A., y Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 133–135.

- Crespo M. y Miley D. (1999). *Manual para entrenadores avanzados*. London: International Tennis Federation.
- Dawson, B., Hopkinson, R., Appleby, B., Stewart G, Roberts C. (2004) Player movement patterns and game activities in the Australian Football League (AFL). *Journal of Science and Medicine in Sport*.;7(3):278-91.
- De Borja, F., De Hoyo y París, F. (2006). Integración y deporte: Pádel adaptado. *Revista de educación física: Renovar la teoría y práctica*, 104, 35-38.
- De Hoyo, M., Sañuda, B. y Carrasco, L. (2007). Demandas Fisiológicas de la competición en Pádel. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 3, 8, 54- 58.
- Deutsch, M.U., Kearney, G.A., y Rehrer, N.J. (2007). Time-motion analysis of professional rugby union players during match-play. *Journal of Sports Sciences*, 25, 461-472.
- Dežman, B. (2003). Razlike v številu napadov in izbirnih kazalcih igralne učinkovitosti reprezentanc, kiso nastopale na SP za člane leta 1998 in 2002 [Differences in the number of offences and selective indicators of the playing efficiency of the national teams playing at the world championship for men in 1998 and 2002]. *Trener*, 3 (1), 67-70.
- Di Salvo, V. y Pigozzi, F. (1998). Physical training of football players based on their positional roles in the team. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 38, 294-297.
- Di Salvo, V., Collins, A., McNeill B. y Cardinale, M. (2006). Validation of Prozone: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108-19.

- Docherty, D., Wenger, H. y Neary, P. (1988). Time-motion analysis related to the physiological demands of rugby. *Journal of Human Movement Studies*, 14, 269- 277.
- Domínguez, G. (2010). Aspectos a tener en cuenta para el diseño de ejercicios basados en la táctica en el deporte del tenis. *Revista de transmisión del conocimiento educativo y de la salud*, 2(5), 423-440.
- Downey, J.C. (1973). *The Singles Game*. London: E.P.Publications.
- Duphield, R., Bird, S. y Ballard, R. (2011). Field-based pre-cooling for on-court tennis conditioning training in the heat. *Journal of Sports Science*. 10, 376-384.
- Durward, B.R., Baer, G.D. y Rowe, P.J (1996). *Functional Human Movement: Measurement and Analysis*. Melbourne, Butterworth Heinemann.
- Duthie G., Pyne D. y Hooper S. (2003). The reliability of video based time motion analysis. *Journal of Human Movement Studies*, 44 :259-72.
- Edgecomb, S.J. y Norton, K. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 25-32.
- Erculj, F., Dezman, B., Vučković, G., Pers, J., Perse, M. y Kristan, M. (2008). An analysis of basketball player's movements in the Slovenian basketball league play-offs using the tracking sagit system. *Physical Education and Sport*, 6 (1), 75 – 84.

- Erdmann, W.S. (1992). Gathering of Kinematic data of Sport Event by Televising the Whole Pitch and Track. En Proceedings of 10 th ISBS Symposium, 159–162, Roma.
- Eubank, C. y Messenger, N. (2000). Dynamic moves and stepping patterns typical to the game of squash. *Journal of Sports Sciences*, 18, 471-472.
- Fernández, J., Mendez, A., Pluim, B., y Terrados, N (2007). Aspectos físicos y fisiológicos del tenis de competición II. *Archivos de medicina del deporte*. 25 (117), 35-41.
- Fernández, J., Méndez-Villanueva A. & Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 387-391.
- Fernández-Fernández, J., Sanz-Rivas, D., Sánchez-Muñoz, C., Pluim B.M., Tiemessen, I. y Méndez-Villanueva, A. (2009). A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 0(0), 1-7.
- Filipčić, A. (2005.). Analysis of time and game characteristics in top profile tennis. (En línea) Extraído el 25 de enero de 2012 desde [http://www.itftennis.com/shared/medialibrary/pdf/original/IO\\_20115\\_original](http://www.itftennis.com/shared/medialibrary/pdf/original/IO_20115_original).
- Filipčić, A., Perš, J., & Klevišar, A. (2006). Comparison between young male and female tennis players in terms of distance covered. In *IV Congreso mundial de deportes de raqueta (3)*.

- Ferris, T.L. (2003). Emergence: An illustration of the concept for education of young students. En *Proceedings of the Thirteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, Washington DC* (Vol 29, pp. 945–956). Australia.
- Figueroa, P., Leite, N. y Barros R. (2006). Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 101, 122-35.
- Franks, I.M. (1996) Use of feedback by coaches and players. In T. Reilly., J. Bangsbo y M. Hughes. (Eds.) *Science and Football III*. London.
- Franks, I.M., Goodman, D. y Miller, G. (1983). Analysis of performance: Qualitative or Quantitative. *SPORTS, March*.
- Fujiyoshi H., Lipton A. y Kanade T. (2004). Real time human motion analysis by image skeletonisation. *IEICE Trans Inf & Syst.*;E87-D No. 1:113-20.
- Fullerton, H.S. (1912). The inside game: the science of baseball. *The American Magazine*, 70, 2-13.
- Gale, D. (1971). Optimal strategy for serving in tennis. *Mathematics Magazine*, 44(4),. 197–199.
- García, A. y García, J. (2010). Diferencia de oferta de pistas de pádel en las diferentes comunidades autónomas españolas. *EFDeportes*, 14, 140.
- García, D. M. y Ares, F. (2007). Estudio biomecánico y patomecánico en la práctica del Pádel. *Revista Española de podología*, 18(4), 176-183.
- Gasston, V. y Simpson, C. (2004). A netball specific fitness test. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 4(2), 82-96

- George S.L. (1973). Optimal strategy in tennis: a simple probabilistic model. *Applied Statistics*, 22, 97–104.
- Gillman, L. (1985). Missing more serves may win more points. *Mathematics Magazine*, 58(4), 222–224.
- Gimeno, F. (1999). *Variables Psicológicas implicadas en el Rendimiento Deportivo: Elaboración de un Cuestionario*. Departamento de Psicología de la Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológicos. Tesis Doctoral no publicada, Universidad Nacional a Distancia, España.
- González-Carvajal, C. (2003). *Pádel*. Madrid: Tutor.
- González-Carvajal, C. (2006). *Escuela de Pádel. Pádel del aprendizaje a la competición*. Madrid: Tutor.
- Gray, A.J., Jenkins, D., Andrews, M.H., Taaffe, D.R. y Glover, M.L. (2010). Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. *Journal of Sports Sciences*, 28(12), 1319 - 1325.
- Grosser, J. Starischka, S. y Zimmermann, S. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo*. Ed. Martínez Roca, S.A. Barcelona.
- Hannan, E.L. (1976). An analysis of different serving strategies in tennis. *Management Science in Sports*, 4, 125-136.
- Harley, J., Barnes, C., Portas, M., Lovell, R , Barrett, S., Paul, D. y Weston, M.(2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players, *Journal of Sports Sciences*, 28(13), 1391-1397.

- Hill-Haas, S. V., Dawson, B.T., Coutts, A.J. y Rowsell, G. J. (2009). Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 1-8.
- Hizan, H., Whipp, P. y Reid, M. (2011). Comparison of serve and serve return statistics of high performance male and female tennis players from different age-groups *International Journal of Performance Analysis of Sports*, 11(2), 365-375.
- Holzer, C., Hartmann, U., Beetz, M. y Von der Grun, T. (2003) Match analysis by transmitter position measurement. *V World Congress of Science and Football*, Lisboa-Portugal. Book of Abstract, 152.
- Hong Y, Robinson P, Chan W, Clark C, Choi, T. (1996). Notational analysis on game strategy used by the world top male squash players in international competition. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 28(1), 18-23.
- Hughes, M. (1985). A comparison of the patterns of play of squash., *International Ergonomic*, 85, 139-141
- Hughes, M.D. (1994). A time-based model of the activity cycles in squash, with different scoring systems, and tennis, on different surfaces, *Journal of Sports Science*, 13(1), 85.
- Hughes, M. (2002). Performance analysis. *Journal of Sport Sciences*, 20, 735-737.
- Hughes, M.D. y Barlett, R. (2007). What is performance analysis?. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis*. Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.

- Hughes M. y Clarke. S. (1995). Surface effect on patterns of play of elite tennis players. En: Reilly, T., Hughes, M. y Lees, A. (Eds.). *Science of Racket Sports* (pp. 272-278). London.
- Hughes M. y Daniel R. (2003). Playing patterns in elite and non-elite volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 30(1), 50-6.
- Hughes M. y Franks. I.M.(1994). Dynamic patterns of movement of *squash players of different standards in winning and losing rallies*. *Ergonomics*, 37 (1), 23-29.
- Hughes, M.D. y Franks, I.M. (1997). *Notational Analysis of Sport*. London. Routledge.
- Hughes M. y Franks, I. (2004). *Notational analysis of sport. Systems for better coaching and performance in sport*. Second edition. London and New York: Routledge .
- Hughes, M.D. y Franks, I.M. (2007). The need for objective feedback. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis*. Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Hughes, M. y Meyers, R. (2005). Movement patterns in elite men's singles tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5(2), pp. 110-134.
- Hughes M. y Moore, P. (1998). Movement Analysis of Elite Level Male Serve and Volley Tennis Players. En Lees, A., Maynard, I., Hughes M. y Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 254-259). London.

- Hughes M., Franks, I.M. y Nagelkerke, P. (1989). A video-system for the quantitative motion analysis of athletes in competitive sport. *Journal of Human Movement Studies*, 17,217-227.
- Hughes, M., Hughes, M.T. y Behan, H. (2007). The evolution of computerised notational analysis through the example of racket sports. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 1(1), 3-28.
- Iwase, S. y Saito, H. (2004). Parallel tracking of all soccer players by integrating detected positions in multiple view images. Proceedings of the 17th *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, August 23-26, Cambridge-UK, IV. 751 – 754
- Johnston, T., Sproule, J., McMorris, T. y Maile, A. (2004). Time-motion analysis and heart rate response during elite male field hockey: Competition versus training. *Journal of Human Movement Studies*, 46, 189-203.
- Jones,S., Drust, B. y Physiological and technical demands of 4v4 and 8v8 games in elite youth soccer players. *Kinesiology* 39(2), 150-156.
- King, T., Jenkins, D. y Gabbett, T. (2009). A time-motion analysis of professional rugby league match-play. *Journal of Sports Sciences*, 27(3), 213-219.
- Kingman J, Dyson R.(1997) Player position, match half and score effects on the time and motion characteristics of roller hockey match play. *Journal of Human Movement Studies*, 33, 15-29.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., y Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1242-1248.

- Krustrup, P., y Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences*, 19, 881-891.
- Krustrup, P., Mohr, M., y Bangsbo, J. (2002). Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status. *Journal of Sports Sciences*, 20, 861-871.
- Ladany, S.P., Machol, R.E. y Morrison D.G. (Eds). *Management Science in Sports* (pp. 139-141). Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Lago, C. Casais, L. Dominguez, E. y Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103-109
- Larsson, P., y Henriksson-Larsen, K. (2001). The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1919-1924.
- Lothian, F., y Farrally, M. (1994). A time-motion analysis of women's hockey. *Journal of Human Movement Studies*, 26, 255- 265.
- Loughran B. y O'Donoghue P. (1990). Time motion analysis of work rate in club Netball. *Journal of Human Movement Studies*, 36:37-50.
- Luna, V.M. y Arazuri E.S. (2008) *Promoción del pádel de competición en las primeras etapas deportivas (6-12años). Un proyecto de intervención. Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 13, 46-49.

- Martínez- Gallego, R. (2012). Distancia recorrida, posición en la pista, tipo de golpe y resultado en tenis (Estudio Open 500 Valencia).
- Martínez- Gallego, R., Guzmán, J. F., James, N., Pers, J., Ramón-Llin, J., y Vuckovic, G. (2013). Movement Characteristics of Elite Tennis Players on Hard Courts with Respect to the Direction of Ground Strokes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 000-000.
- McGarry, T., Khan, M.A., y Franks, I.M. (1999). On the presence and absence of behavioural traits in sport: An example from championship squash match-play. *Journal of Sports Sciences*, 17, 297–311.
- Macleod, H., Morris, J., Nevill, A., y Sunderland, C. (2009). The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *Journal of Sports Sciences*, 27, 121–128.
- McInnes, S.E., Carlson, C.J., Jones, y. McKenna, M.J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13, 387–397.
- Mahorič, T. (1994). *Zunanje in notranje obremenitve beka na košarkarski tekmi [External and internal load imposed on guards during a basketball match]*. Bachelor's thesis. Ljubljana: Faculty of Sport.
- Martin, J. A., Tolfrey, K., Smith, N. C., y Jones, A. M. (2001). Match analysis of Premiership rugby union football refereeing. *Journal of Sports Sciences*, 19, 23-24.
- Mauthner, T., Koch, C., Tilp, M. y Bischof, H. (2007). Visual tracking of athletes in beach volleyball using a single camera. *International Journal of Computing Science in Sport*, 6, 21-34.

- Mayhew, S., y Wenger, H. (1985). Time motion analysis of professional soccer. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 49-52.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., y McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13, 387-397.
- Meir, R., Arthur, D., y Forrest, M. (1993). Time and motion analysis of professional rugby league: A case study. *Strength and Conditioning Coach*, 1, 24–29.
- Meir, R., Colla, P. y Milligan, C. (2001). Impact of the 10-meter rule change on professional rugby league: Implications for training. *Strength and Conditioning Journal*, 23, 42–46.
- Messersmith, L.L. y Corey, S. M. (1931). Distance traversed by a basketball player. *Research Quarterly*, 2(2), 57-60.
- Miller, S. y Bartlett, R. (1994) Notational analysis of the physical demands of basketball. *Journal of Sports Science*, 12(2), 181.
- Moeslund, T., Hilton A. y Kruger, V. (2006). A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 104, 90-126.
- Mohr, M., Krustrup, P., y Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21, 519-528.
- Moncaut, A. P. (2003). *Fundamentos Técnicos del Pádel 143 ejercicios para la enseñanza y la mejora*. Madrid: Gymnos.

- Muñoz, M. A. (2007). Pádel adaptado. *Sobre ruedas*, 65, 19.
- Murray, S., Hughes, M.T., White, C. y Locke, D. (2007). Analysis of performance. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis* (pp. 21-31). Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Murray, S., Maylor, D. y Hughes, M.D. (1998) The effect of computerised analysis as feedback on performance of elite squash players. En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. y Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 235-240). London.
- Needham, C. (2003) *Tracking and modelling of team game interactions* [PhD]. Leeds: University of Leeds;
- Needham, C. y Boyle, R. (2001). Tracking multiple sports players through occlusion, congestion and scale. *Proceedings British Machine Vision Conference*, 1:93- 102.
- Norman, J. M. (1985). Dynamic programming in tennis-when to use a fast serve. *Journal of the Operational Research Society*, 75-77.
- O'Donoghue, P.G. (1998). Time-motion analysis of work-rate in elite soccer. *World Congress of Notational Analysis of Sport IV*, Porto, Portugal., University of Porto Press. 65-71.
- O'Donoghue, P.G. (2002). The most important points in Grand Slam singles tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 125-135.
- O'Donoghue, P.G. (2006). Elite tennis strategy during tie-breaks. En Dancs, H., Hughes, M. y O'Donoghue, P.G. (Eds.), *Performance Analysis of Sport 7* (pp. 654-660). Cardiff: CPA Press, UWIC.

- O'Donoghue, P.G. (2008). Time-motion analysis. In M. Hughes y I.M. Franks (eds), *Essentials of Performance Analysis: An introduction* (pp. 180-205). London. Routledge.
- O'Donoghue, P.G. y Ingram, B (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sport Sciences*, 19, 107-115.
- O'Donoghue, P.G. y Liddle, S.D. (1998a). A notational analysis of time factors of elite men's and ladies' singles tennis on clay and grass surfaces En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. y Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 241-246). London.
- O'Donoghue, P.G. y Liddle, S.D. (1998b). A match analysis of elite tennis strategy for ladies' singles on clay and grass surfaces. En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. y Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 247-253). London.
- Ohashi, J., Miyagi, O., Nagahama, H., Ogushi, T. y Ohashi, K. (2002). Application of an analysis system evaluating intermittent activity during a soccer match. *Proceedings of Science and Football IV*, W. Spinks, T. Reilly y A. Murphy, London and New York, Routledge. 32-136.
- Over, S., y O'Donoghue, P. (2010). Analysis of strategy and tactics in tennis. *International Tennis Federation Coaching and Sport Science Review*, 50(18), 15-16.
- Pereira, A., y Wells, J. (2001). Notational analysis of elite women's movement patterns in squash. In (eds. M. Hughes and IM Franks) pass. com. *Cardiff: CPA, UWIC*, 223-238.

- Pers, J., Bon, M., y Kovacic, S. (2001). Errors and mistakes in automated player tracking. In B. Likar (Ed.), *Proceedings of the Sixth Computer Vision Winter Workshop, CVWW'01* (pp. 25\_36).Slovenia: Bled.
- Pers, J., Bon, M., Kovacic, S., Sibila, M., y Dezman, B. (2002). Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science*, 21, 295-311.
- Pers, J., Vučković, G., Dezman, B., Kovacic, S.,(2001). A low-cost real-time tracker of live sport events. In *Proceedings of the 2nd international symposium on image and signal processing and analysis in conjunction with 23rd conference on information technology interfaces*, pp 362-365, Pula, Croatia.
- Pino, J., Martinez-Santos, R., Moreno, M. I., y Padilla, C. (2007). Automatic analysis of football games using GPS on real time. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(10), 9.
- Poppe R. (2007). Vision-based human motion analysis: An overview. *Computer Vision and Image Understanding*, 108, 4-18
- Portas, M., Rush, C., Barnes, C., y Batterham, A. (2007). Method comparison of linear distance and velocity measurements with global positioning satellite (GPS) and the timing gate techniques. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(10), 7–8.
- Reep, C. y Benjamin, B. (1968). Skill and Chance in Association Football. *Journal of the Royal Statistical Society*, 131(4), 581-585.

- Reid, M., McMurtrie, D. y Crespo, M., (2010). The relationship between match statistics and top 100 ranking in professional men's tennis. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 10, 131-138.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15, 257-263.
- Reilly, T. (2003). Motion analysis and physiological demands. In: Science and Soccer. Eds: Williams, A.M. and Reilly, T. 2nd Edition. London, E & FN Spon. 59-72
- Reilly, T. y Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87-97.
- Reilly, T. y Palmer, J., (1994). Investigation of exercise intensity in male singles lawn tennis. In Reilly, T., Hughes, M. y Lees, M. Eds *Science and racket sports*. London 10-13.
- Richers, T. A. (1995). Time-motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 73-86.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J.E.L. and Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40, 162-169.
- Ramón-Llin, J. y Guzmán, J.F. (2012). Distancia recorrida y velocidad de desplazamiento en pádel, en función de 2 niveles de juego. En *I Congreso Ibero-americano de la red interuniversitaria de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Universidad San Antonio. Murcia.

- Ramón-Llin, J., Guzmán, J.F., Vučković, G., Llana, S. y James, N. (2010). Players' covered distance according playing level and balance between teams: a preliminary analysis in paddel. In M. Hughes (ed.) *Research in Sports Science 6*. Szombathely: West-Hungary University, Hungary, pp. 188-193.
- Ramón-Llin, J., Guzmán, J.F., Martínez-Gallego, R., Vučković, G. y James, N. (2012a). Distance covered, speed of movement and heart rate of the world champion padel player during a relatively easy 2011 pro tour match. Research paper presented at the 9th World Congress of Performance Analysis of Sport; Worcester, UK, July. In D.M. Peters and P.G. O'Donoghue (Eds.), *Programme and e-Book of Abstracts of the World Congress of Performance Analysis of Sport IX*, University of Worcester: UK. pp. 53.
- Ramón-Llin, J., Guzmán, J.F., Martinez-Gallego, R., Vučković, G. y James, N. (2012b). Distance covered and velocity of movements of pádel players during a closely contested 2011 pro tour match. Research paper presented at the 9th World Congress of Performance Analysis of Sport; Worcester, UK, July. In D.M. Peters and P.G. O'Donoghue (Eds.), *Programme and e-Book of Abstracts of the World Congress of Performance Analysis of Sport IX*, University of Worcester: UK. pp. 97-98.
- Romero, S., Carrasco, L., De Hoyo, M., De Borja, F., Corral, J.A., Chacón, F. Lasaga, M. J. (2008). Determinación del perfil de los seleccionadores de pádel de alta competición. *Tándem: Didáctica de la educación física*, 28, 85-95.
- Roberts, P., Trewartha, G., Higgitt, R., El-Abd, J., y Stokes, K. (2008) The physical demands of elite English rugby union. *Journal of Sports Sciences*, 26: 8, 825- 833.

- Romero, S., Carrasco, L., Hoyo, M. D., Sañudo, F. D. B., Corral, J. A., Chacón, F., y Lasaga, M. J. (2008). Determinación del perfil de los seleccionadores de pádel de alta competición. *Tándem: Didáctica de la educación física*, (28), 85-95.
- Ruiz, R. (2008). Perfil de personalidad femenino en el deporte del Pádel de Alto Rendimiento. En L. Ariza L. y Guillén, M. (Coords.), *Actas del IV Congreso Internacional y XXV Nacional de Educación Física* (pp. 1-11). Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Ruiz, R. y Lorenzo, O. (2008). Características psicológicas en los jugadores de pádel de alto rendimiento. *En Actas del XI Congreso Nacional de Psicología del Deporte y III Congreso Iberoamericano de Psicología de la Actividad Física y el Deporte* (pp. 479- 488). Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.
- Ruiz, R., Lorenzo, O., Perdiguero, F. J. y Díaz, M. J. (2006). Características de personalidad y psicológicas en los jugadores de Pádel de Alto Rendimiento. *Convocatoria de Ayudas a Universidades y a entidades públicas para proyectos de apoyo científico y tecnológico al deporte y otras acciones de promoción y difusión de la investigación deportiva 2006*. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Sanderson, F. H., y May, K. I. (1977). The development of objective methods of game analysis in squash rackets [proceedings]. *British Journal of Sports Medicine*, 11(4), 188-188.
- Sanderson F. (1983). A notational system for analysing squash. *Physical Education Review*, 6, 19-23.

- Sanderson, F.H. y Way, K.I.M. (1979). The development of objective methods of game analysis in squash rackets. *British Journal of Sports Medicine*, 11(4), p. 188.
- Sanderson, F.H. (1983). A notation system for analysing squash. *Physical Education Review*, 6, 19-23.
- Sañudo, B., De Hoyo, M. y Carrasco, L. (2008). Demandas fisiológicas y características estructurales de la competición en pádel masculino. *Apunts Educación Física y Deportes* 4, 23-28.
- Scarfone, R., Tessitore, A., Minganti, C., Ferrragina, A., Capranica, L. y Ammendolia, A. (2009) Match demands of beach soccer: a case study. In: *Book of abstracts of 14th Annual Congress of the European College of Sport Science*. July 24-29, Oslo-Norway, 54.
- Schonborn, R. (1999). The return of serve. Em *Proceedings of the 11th ITF Worldwide Coaches Workshop: Top Tennis Coaching* (pp. 38–43). London: ITF.
- Schutz, Y., y Chambaz, A. (1997). Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth? *European Journal of Clinical Nutrition*, 51, 338–339.
- Schutz, Y., y Herren, R. (2000). Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 642–646.
- Seifriz, F., Mester, J., Krämer, A., y Roth, R. (2003). The use of GPS for continuous measurement of kinematic data and for the validation of a

- model in alpine skiing. *International Journal of Computer Science in Sport*, 1, 90-96.
- Setterwall D. (2003). *Computerised video analysis of football- Technical and commercial possibilities for football coaching* [Masters Thesis]. Stockholm: Cid, Nada.
- Smekal, G., Von Duvillard, S.P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P. Baron, R., Tschan, H. y Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 999-1005.
- Spencer, M., Lawrence, S., Rechichi, C., Bishop, D., Dawson, B., y Goodman, C. (2004). Time\_motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-esprint activity. *Journal of Sports Sciences*, 22, 843-850.
- Steele J, Chad K.(1991) Relationship between movement patterns performed in match play and in training by skilled netball players. *Journal of Human Movement Studies*, 20, 249-78.
- Suda K., Michikami, S., Sato, Y., Umabayashi, K. (2003). Automatic measurement of running distance during tennis matches using computer-based trace analysis. *Applied sport science for high performance tennis*, 151.
- Takahashi, H., Wada, T., Maeda, A., Kodama, M., Nishizono, H., y Kurata, H. (2006) The relationship between court surface and tactics in tennis using a computerized scorebook for tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(2), 15-25.
- Tan, F. , Polglaze, T., y Dawson, B. (2009) Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1095-1104

- Tavares F, Gomes N.(2003) The offensive process in basketball- a study in high performance junior teams. *International Journal of Performance Analysis*, 3(1), 34-39.
- Toki, S. y Sakurai, S. (2005) Quantitative match analysis of soccer games with two dimensional DLT procedures. En *XXth Congress of International Society of Biomechanics*, Cleveland-USA. 911.
- Torres, G., Cabello, D. y Carrasco, L. (2004). Functional differences between tennis and badminton in young sportsmen. A. Lees, J.F. Khan, I.W. Maynard (Eds.). *Science and Racket Sports III* (185-189). Oxon: Routledge.
- Townshend, A. D., Worringham, C. J., y Stewart, I. B. (2008). Assessment of speed and position during human locomotion using non-differential GPS. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 124–132.
- Unierzyski, P. y Wieczorek, A. (2004). Comparison of tactical solutions and game patterns in the finals of two grand slam tournaments in tennis. En: Lees, A., Kahn, J.F. & Maynard, I.W. (Eds.). *Science and Racket Sports III* (pp. 169-174). London: Routledge.
- Verlinden, M., Van Ruyskenvelde, J., Van Gorp, B., De Decker, S., Goosen, R. y Clarijs, J.P. (2004). Effect of gender and tennis court surface properties upon strategy in elite singles. En: Lees, A., Kahn, J.F. & Maynard, I.W. (Eds.). *Science and Racket Sports III* (pp. 163-168). London: Routledge.
- Vučković, G. (2002). *Merske značilnosti sistema za sledenje gibanj igralcev na squash tekmah [Measurement characteristics of the player tracking system during a squash match]*. Master's thesis. Ljubljana: Faculty of Sport.

- Vučković, G. y Dezman, B (2001). Results of tracking a referee's movements during a basketball match with computer sight. *Acta kinesiol.* 6, 274-277.
- Vučković, G. , Pers J., Kovacic, S.(2005). Motion Analysis of the International and National Rank Squash Players. In: *4th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis ISPAS 2005, Zagreb, Croatia*, pp.334-338.
- Vučković, G., Dezman, B., Erculj, F., Kovacic, S. Y Pers, J. (2002). Computer tracking of players at squash matches. *Acta kinesiol.* 7, 216-220.
- Vučković, G., Dezman, B., Erculj, F., Kovacic, S., Pers, J. (2004). Differences between the winning and the losing players in a squash game in terms of distance covered. En A. Lees, J.F. Khan, I.W. Maynard (Eds.). *Science and Racket Sports III* (202-207).
- Vučković, G. y James, N. (2010): The distance covered by winning and losing players in elite squash matches. *Kinesiologia Slovenica*, 16, 1-2, 44–50.
- Vučković, G., Pers, J., James, N. y Hughes M. (2009). Tactical use of the T area in squash by players of differing standard. *Journal of Sports Sciences*, 27 (8), pp. 863-871.
- Vučković, G., Perš, J., James, N. and Hughes, M. (2010). Measurement error associated with the SAGIT/Squash computer tracking software. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 129-140.
- Walker, M. y Wooders, J. (2001). Minimax play at Wimbledon. *American Economic Review*, 91(5), 1521–1538.

- Wang, Hu W. y Tan, T. (2003) Recent developments in human motion analysis. *Pattern Recognition*, 136, 585-601.
- Williford, H., Scharff, N., Olsen, M., Gauger, S., Duey, W.J. y Blessing, D.L. (1998) Cardiovascular and metabolic costs of forward, backward, and lateral motion. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 30, 1419-1423.
- Witte, T. H., y Wilson, A. M. (2004). Accuracy of non- differential GPS for the determination of speed over ground. *Journal of Biomechanics*, 37, 1891-1898.
- Wren, C. R., Azarbajejani, A., Darrell, T., y Pentland, A. P. (1997). Pfindex: Real-time tracking of the human body. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 19(7), 780-785.



## CAPÍTULO 10

---

### ANEXOS



## 10. ANEXOS

### ANEXO 1: SOLICITUD DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO.

#### JUGADOR DE DERECHA

Nombre:

Apellidos:

Móvil:

E-mail:

Ranking FPCV

Ranking 1-7

Categoría en la que sueles jugar en los torneos federados de 3 categorías: 1ª, 2ª 3ª  
¿Cuál es el resultado que sueles hacer?

El jugador ..... da su consentimiento para ser grabado y que dicha filmación sea empleada para el estudio “ Análisis de rendimiento en pádel” y otras futuras investigaciones realizadas por la Universidad de Valencia.

FIRMA

#### JUGADOR DE REVÉS

Nombre:

Apellidos:

Móvil:

E-mail:

Ranking FPCV

Ranking 1-7

Categoría en la que sueles jugar en los torneos federados de 3 categorías: 1ª, 2ª 3ª  
¿Cuál es el resultado que sueles hacer?

El jugador ..... da su consentimiento para ser grabado y que dicha filmación sea empleada para el estudio “ Análisis de rendimiento en pádel” y otras futuras investigaciones realizadas por la Universidad de Valencia.



## FIRMA

**ANEXO 2: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE JUEGO.****Nivel 1.0**

Acaba de empezar a jugar al pádel.

**Nivel 1.5**

Experiencia limitada. Sigue intentando mantener las pelotas en juego

**Nivel 2.0**

DERECHA: Gesto (swing) incompleto, falta de control direccional, velocidad de bola lenta.

REVES: Evita el revés, golpeo errático, problemas de empuñadura, gesto incompleto

SERVICIO/RESTO: Gesto incompleto, habitualmente comete dobles faltas, bote de la bola inconsistente, resto con muchos problemas

VOLEA: Evita subir a la red, evita la volea de revés, mal posicionamiento de pies

REBOTES: No consigue devolver ningún rebote.

ESTILO DE JUEGO: Familiar con las posiciones básicas, aunque se posiciona frecuentemente de manera incorrecta

**Nivel 2.5**

DERECHA: En desarrollo, velocidad de bola moderada.

REVES: Problemas en preparación y empuñadura, a menudo prefiere el golpeo de derecha al de revés

SERVICIO/RESTO: Intento de realizar el gesto completo, velocidad de bola en servicio lenta, bote de bola inconsistente, devuelve servicios lentos.

VOLEA: Incómodo en la red especialmente en el revés, utiliza frecuentemente la cara del drive en las voleas de revés.

REBOTES: Se intenta posicionar para los rebotes aunque solo golpea la bola de forma ocasional

GOLPES ESPECIALES: Hace globos intencionados pero con poco control, empala la bola ocasionalmente en golpes altos (smash)

ESTILO DE JUEGO: Puede pelotear con una velocidad de bola lenta, débil cobertura de su espacio en la pista, permanece en la posición inicial del juego.

### **Nivel 3.0**

DERECHA: Relativamente buena consistencia y moderada variedad de golpes, buen control direccional, desarrollando gama de golpes (cortado, plano, liftado)

REVES: Preparado frecuentemente para golpear con relativa consistencia.

SERVICIO/RESTO: Desarrollando el gesto de servicio, poca consistencia cuando intenta golpear con potencia, segundo servicio es considerablemente peor que el primero. Resta con relativa consistencia.

VOLEA: Volea de derecha de forma consistente, inconsistente en la volea de revés, problemas con las bolas a los pies y en golpes abiertos.

REBOTES: Se posiciona correctamente en golpes lentos, consigue empalar. No se desplaza hacia delante en bolas fuertes.

GOLPES ESPECIALES: Hace globos de forma moderadamente consistente.

ESTILO DE JUEGO: Consistente con velocidad de bola media, poca consistencia en posicionamiento con el compañero, a veces uno arriba y otro abajo, sube a la red cuando lo dicta el juego pero es débil en la ejecución.

### **Nivel 3.5**



**DERECHA:** Buena consistencia y moderada variedad de golpes, buen control direccional, desarrollando gama de golpes (cortado, plano, liftado).  
**REVES:** Golpeo con control direccional en algunos golpes, dificultad de devolución en bolas fuertes o altas, dificultad en la defensa de revés.  
**SERVICIO/RESTO:** Comienza a servir con control y algo de potencia, desarrollando el saque cortado, puede restar consistentemente con control direccional con velocidad de bola moderada.

**VOLEA:** Más agresivo en el juego de red, alguna habilidad en los golpes laterales, bastante buen posicionamiento de pies, tiene control direccional en las voleas de derecha, control en las voleas de revés, pero con muy bajo poder ofensivo.  
**REBOTES:** Se posiciona correctamente en golpes de derecha. Consigue defender de manera consistente de derecha y velocidad de bola moderada. Defiende de revés con dificultad las bolas rápidas. Desarrollando las bajadas de pared.  
**GOLPES ESPECIALES:** consistente en golpes altos, desarrollando bandeja, segundas voleas y golpes de aproximación. Devuelve la mayor parte de los segundos servicios.  
**ESTILO DE JUEGO:** Consistencia y control direccional con velocidades de bola media, posicionamiento con el compañero medianamente consistente (desarrollando el trabajo en equipo), busca la oportunidad de ganar la red.

#### **Nivel 4.0**

**DERECHA:** Fiable, golpea con bastante control, intenta golpear con control en golpes defensivos difíciles.

**REVES:** Puede direccionar la bola con consistencia y velocidades de bola moderadas, desarrollando variedad de golpes.

**SERVICIO/RESTO:** Coloca primeros y segundos, potencia y colocación frecuente con el primero, usa bolas cortadas en el servicio, fiable en el resto, resta con profundidad y control.

**VOLEA:** Profundidad y control en la volea de derecha, direcciona la volea de revés,

pero con falta de profundidad y agresividad. Desarrollando las voleas bajas. REBOTES: Devuelve consistentemente los rebotes de derecha, se posiciona correctamente en los rebotes de revés. Bajada de pared consistente y con potencia con la derecha, al revés suele jugar globo.

GOLPES ESPECIALES: Golpea por alto con consistencia, consigue volear a golpes agresivos, comienza a definir puntos con la volea y el smash, busca y dirige la volea a la zona débil de los rivales, defiende con globos de forma consistente. Comienza a desarrollar la bandeja.

ESTILO DE JUEGO: Golpeo fiable y con control con velocidades de bola medio-alta. Juego en equipo, pérdida del punto en peloteos por falta de paciencia.

#### **Nivel 4.5**

DERECHA: Muy fiable, usa velocidad, control y variedad de golpes con profundidad. Ofensivo en la mayoría de golpes.

REVES: Puede controlar dirección y profundidad pero sufre defendiendo golpes difíciles, puede golpear con relativa potencia.

SERVICIO/RESTO: Servicio con colocación y control, con pocas doble faltas, usa potencia y bolas cortadas, segundos con buena profundidad y colocación, restos agresivos y con control.

VOLEA: Buen posicionamiento de pies, puede controlar peloteos en las voleas, tiene potencia, control y profundidad en las voleas de derechas, errores más comunes cuando golpea con potencia.

REBOTES: Buena bajada de pared de derecha, de revés consigue profundidad y colocación con velocidad de bola media.



**GOLPES ESPECIALES:** Golpes de aproximación con control y profundidad, consistencia en voleas y golpes altos. Consigue remates definitivos, llega a sacar la bola por 4 en algunas ocasiones, consigue en ocasiones dejadas de volea.

**ESTILO DE JUEGO:** Golpeo con relativa potencia, buena cobertura en la pista, empieza a variar el juego en función del oponente, juego agresivo en la red, buena anticipación.

### **Nivel 5.0**

**DERECHA:** Golpeo fuerte con control, profundidad y variedad de golpes, usa la derechas para preparar la subida a la red. Consistente en los globos profundos.

**REVES:** Puede usar el revés en golpes agresivos con bastante buena consistencia, buen control en dirección y profundidad en la mayoría de los golpes, Bastante consistente en globos profundos y defensa.

**SERVICIO/RESTO:** Coloca el servicio con efectividad y buscando el punto débil del rival y ganar la red de forma rápida, buena variedad de servicios, profundidad, colocación en segundos para forzar restos poco potentes, resta con control servicios difíciles.

**VOLEA:** Puede golpear a la mayoría de las voleas con profundidad y potencia, juega voleas difíciles con profundidad, buscando el punto débil del rival.

**REBOTES:** Buena defensa de rebotes, incluso con bolas fuertes. Consigue puntos ganadores con rebotes fuertes de pared. Bajadas de pared buenas tanto de derecha como de revés.

**GOLPES ESPECIALES:** Golpea con fuerza y alto grado de efectividad, buenos globos defensivos y ofensivos, golpea por alto en cualquier posición de la pista con control, juega bandejas con consistencia, consigue golpes ganadores con smash fuerte. Consigue sacar la bola por 3 en ocasiones.

**ESTILO DE JUEGO:** Varía el juego según el rival, sólido trabajo en equipo, consigue leer el partido y encuentra el punto débil del rival, es menos consistente mental y físicamente que el jugador 5.5

**Nivel 5.5**

Juega golpes fiables en situaciones comprometidas, ha desarrollado una buena anticipación, lee el partido con facilidad buscando los puntos débiles de los rivales, primeros y segundos servicios son golpes profundos y colocados, ha desarrollado fuerza y consistencia como su mayor arma, varía la estrategia y el estilo de juego en situaciones comprometidas.

**Nivel 6.0 a 7.0**

Estos jugadores no necesitan categorías. Aparecen en rankings de campeonatos, el 6.0 tiene entrenamientos intensivos para torneos regionales y nacionales, y tiene ranking nacional. El jugador 6.5 tiene potencial para llegar a ser jugador 7.0 juega torneos nacionales de forma continuada. El jugador 7.0 es el jugador profesional de pádel, compite en torneos open y su mayor fuente de ingresos son los premios de los torneos y sponsors.



**ANEXO 3: HOJA DE EXCEL CON LOS DATOS DEL SOFTWARE DE RASTREO SAGIT:  
EJEMPLO PARA EL JUGADOR PERDEDOR DE REVES (LOSERTWO).**

	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ
1	LoserOne	LoserTwo_X	LoserTwo_Y	LoserTwo_Vel	LoserTwo_Path	Ball_state													
2		8,610763	8,675323	0	0	P													
3		8,6010895	8,676948	0,24521679	0,009808672	P													
4		8,589604	8,678529	0,28983584	0,021402106	P													
5		8,57608	8,679867	0,33975208	0,03499219	P													
6		8,560369	8,680732	0,3933894	0,050727762	P													
7		8,542406	8,680812	0,44906586	0,0686904	P													
8		8,522258	8,679769	0,50438184	0,08886567	P													
9		8,500196	8,6772375	0,5551516	0,111071736	P													
10		8,476665	8,6729	0,59820735	0,13500004	P													
11		8,452242	8,666589	0,6306245	0,16022502	P													
12		8,427563	8,658324	0,6506558	0,18625125	P													
13		8,403217	8,648386	0,657394	0,21254702	P													
14		8,379619	8,637278	0,65206105	0,23862946	P													
15		8,356929	8,625703	0,6367901	0,26410106	P													
16		8,334845	8,614473	0,6193825	0,28887635	P													
17		8,313181	8,604456	0,5966901	0,31274396	P													
18		8,291294	8,596381	0,5832211	0,3360728	P													
19		8,268446	8,590801	0,58799064	0,35959244	P													
20		8,243956	8,588006	0,61623394	0,3842418	P													
21		8,217352	8,588002	0,66509247	0,4108455	P													
22		8,188426	8,590517	0,72587526	0,4398805	P													
23		8,157219	8,595135	0,7886718	0,47142735	P													
24		8,123975	8,601325	0,84538907	0,50524294	P													
25		8,0890255	8,608482	0,8918663	0,5409176	P													

**ANEXO 4: 1ª CONSULTA SQL EN MICROSOFT ACCES.**

```
SELECT  AVG(WinnerOne_Vel) AS Win1AVGSpeed, AVG(WinnerTwo_Vel) AS
Win2AVGSpeed, AVG(LoserOne_Vel) AS Los1AVGSpeed, AVG(LoserTwo_Vel) AS
Los2AVGSpeed, COUNT(*)/25 AS TimeActive, SUM(WinnerOne_Vel/25) AS
WinnerOneDistance, SUM(WinnerTwo_Vel/25) AS Win2Distance,
SUM(LoserOne_Vel/25) AS LoserOneDistance, SUM(LoserTwo_Vel/25) AS Los2Distance

FROM low30

WHERE Ball_state='A';
```

**ANEXO 5: 2ª CONSULTA SQL EN MICROSOFT ACCES.**

- *CREATE TABLE medium01\_problem3\_cleaned (ID AutoIncrement, frames float, seconds text, WinnerOne\_Path float, WinnerTwo\_Path float, LoserOne\_Path float, LoserTwo\_Path float, Ball\_state text);*

```
INSERT INTO low13_problem3_cleaned ( frames, seconds, WinnerOne_Path, WinnerTwo_Path, LoserOne_Path, LoserTwo_Path, Ball_state )
```

```
SELECT t2.frames, t2.time, t2.WinnerOne_Path, t2.WinnerTwo_Path, t2.LoserOne_Path, t2.LoserTwo_Path, t2.Ball_state
```

```
FROM low13 AS t1 INNER JOIN low13 AS t2 ON t1.frames+1=t2.frames
```

```
WHERE (Not (t2.Ball_state=t1.Ball_state));
```

- *SELECT t1.frames AS frames, t1.seconds AS seconds, (t2.frames-t1.frames)/25 AS RallyLength, (t2.WinnerOne\_Path-t1.WinnerOne\_Path) AS WinnerOne\_Distance, (t2.WinnerOne\_Path-t1.WinnerOne\_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS WinnerOneAVGVelocity, (t2.WinnerTwo\_Path-t1.WinnerTwo\_Path) AS WinnerTwo\_Distance, (t2.WinnerTwo\_Path-t1.WinnerTwo\_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS WinnerTwoAVGVelocity, (t2.LoserOne\_Path-t1.LoserOne\_Path) AS LoserOne\_Distance, (t2.LoserOne\_Path-t1.LoserOne\_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS LoserOneAVGVelocity, (t2.LoserTwo\_Path-t1.LoserTwo\_Path) AS LoserTwo\_Distance, (t2.LoserTwo\_Path-t1.LoserTwo\_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS LoserTwoAVGVelocity*

```
FROM low13_problem3_cleaned AS t1 INNER JOIN low13_problem3_cleaned AS t2 ON t1.ID+1=t2.ID
```

```
WHERE (t1.Ball_state='A');
```

**ANEXO 6: 3ª CONSULTA SQL EN MICROSOFT ACCES.**

```
SELECT t1.frames AS frames, t1.seconds AS seconds, (t2.frames-t1.frames)/25 AS
RallyLength, (t2.WinnerOne_Path-t1.WinnerOne_Path) AS WinnerOne_Distance,
(t2.WinnerOne_Path-t1.WinnerOne_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS
WinnerOneAVGVelocity, (t2.WinnerTwo_Path-t1.WinnerTwo_Path) AS
WinnerTwo_Distance, (t2.WinnerTwo_Path-t1.WinnerTwo_Path)/((t2.frames-
t1.frames)/25) AS WinnerTwoAVGVelocity, (t2.LoserOne_Path-t1.LoserOne_Path) AS
LoserOne_Distance, (t2.LoserOne_Path-t1.LoserOne_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25)
AS LoserOneAVGVelocity, (t2.LoserTwo_Path-t1.LoserTwo_Path) AS
LoserTwo_Distance, (t2.LoserTwo_Path-t1.LoserTwo_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25)
AS LoserTwoAVGVelocity

FROM final_problem3_cleaned AS t1 INNER JOIN final_problem3_cleaned AS t2 ON
t1.ID+1=t2.ID

WHERE (t1.Ball_state='P');
```