

Grado en Ciencias de la
Actividad Física y del Deporte
Trabajo Fin de Grado
Curso 2014-2015



**ANÁLISIS CINEMÁTICO Y FISIOLÓGICO DE LA ACTUACIÓN DEL ÁRBITRO
DE FÚTBOL Y SU RELACIÓN CON LA TOMA DE DECISIONES**

Carlos David Gómez Carmona
José Pino Ortega

Trabajo Fin de Grado
Facultad de Ciencias del
Deporte
Grado en Ciencias de la
Actividad Física y del
Deporte
Universidad de Murcia

ANÁLISIS
CINEMÁTICO Y
FISIOLÓGICO DE LA
ACTUACIÓN DEL
ÁRBITRO DE FÚTBOL
Y SU RELACIÓN CON
LA TOMA DE
DECISIONES
Carlos D. Gómez Carmona
José Pino Ortega
Tipo de TFG: Trabajo de
investigación

Curso 2014-2015

Gómez-Carmona, C. (2015). *Análisis cinemático y fisiológico de la actuación del árbitro de fútbol y su relación con la toma de decisiones*. Trabajo de Fin de Grado. Murcia: Universidad de Murcia.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue examinar las exigencias cinemáticas y fisiológicas y su relación con la toma de decisiones en diversos partidos de competición oficial en árbitros y árbitros asistentes de fútbol. La muestra estuvo formada por 6 árbitros, 1 actuó como árbitro principal y 5 como árbitros asistentes (edad: $21,2 \pm 0,98$ años; altura: $175,67 \pm 4,27$ cm y peso: $65,73 \pm 4,68$ kg). El registro de los datos de los sujetos participantes en la investigación se realizó con un sistema inercial denominado WIMU y el análisis de los datos se realizó con el software denominado Qüiko (RealTrack Systems, Almería, España). Se analizaron 4 partidos del Campeonato de Liga de Tercera División (Grupo XIII) pertenecientes a la temporada 2014-2015. Los principales resultados obtenidos fueron que el árbitro principal recorre una distancia media de $10124,7 \pm 543,2$ metros, con una velocidad media entre 7,2 y 13 km/h y con una frecuencia cardíaca máxima (FCmax) entre el 85-95% de su máximo; los árbitros asistentes recorrieron una distancia media de $5793,4 \pm 481,7$ metros, con una velocidad media entre 3,6-7,2 km/h y con una FCmax entre el 75-85% de su máxima y en cuanto a la toma de decisiones los aspectos que influyeron en los errores fueron: la zona del campo, el periodo de juego y la frecuencia cardíaca del árbitro principal. Las conclusiones principales de esta investigación muestran que árbitros y árbitros asistentes deben considerarse en cuanto al entrenamiento como poblaciones independientes y que los árbitros deben corregir los desplazamientos en el terreno de juego, la concentración y trabajar situaciones en las que su FCmax sea superior al 85% de su máximo para mejorar su porcentaje de acierto. Estudios futuros deberán profundizar en esta investigación introduciendo como muestra un mayor número de árbitros de superior categoría y un número de partidos más elevado para poder generalizar los resultados para todo el estamento arbitral y mejorar la calidad del mismo.

Palabras claves: Árbitro, árbitro asistente, frecuencia cardíaca, velocidad, aceleración, trabajo de alta intensidad, distancia recorrida, toma de decisiones.

Gómez-Carmona, C. (2015). *Kinematic and physiological analysis of the performance of the referee football and its relationship with decision making*. Trabajo de Fin de Grado. Murcia: Universidad de Murcia.

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the cinematic and physiological requirements of referees and assistant referees and their relationship to decision-making in various official competition matches in football. The sample consisted of six referees, one acted as main referee and five as assistant referees (age: 21.2 ± 0.98 years; height: 175.67 ± 4.27 cm, weight: 65.73 ± 4.68 kg). The registration of the data of the subjects participating in the study was conducted with an inertial system called WIMU and the analysis of the data was performed with a software called Quiko (RealTrack Systems, Almeria, Spain). In the study 4 games of the League Championship Third Division (Group XIII) belonging to the 2014-2015 season were analyzed. The main findings were that the referee runs an average distance of 10124.7 ± 543.2 meters, with an average speed between 7.2 and 13 km/h with a maximum heart rate (HRmax) between 85-95% of his maximum; assistant referees walked an average distance of 5793.4 ± 481.7 meters, with an average speed between 3.6 to 7.2 km/h with a HRmax between 75-85% of their maximum. The aspects which influenced the decision making of the referees and caused the errors were: the part of the pitch, the period of play and the HRmax percentage of the referee. What this research shows is that referees and assistant referees should be considered in terms of training as independent people, and that referees must correct the movements in the field, concentration and work situations where your HRmax is above 85% to improve its success rate. Future studies should pursue this investigation with a greater number of senior officials and higher number of matches to generalize the results to all arbitral establishments and improve its quality.

Keywords: Referee, assistant referee, heart rate, velocity, acceleration, high intensity work, distance performed, decision making.

Agradecimientos

A nivel personal quisiera agradecer:

En primer lugar, dar las gracias a mi familia, sobre todo a mis padres por darme la vida, por educarme en los valores del deporte y por apoyarme en todas las decisiones que he tomado en esta aventura que ha durado 4 años con la que he aprendido todo lo necesario para lograr una salida profesional atractiva y de calidad. También agradecer a mi hermano por su apoyo y por su colaboración, activa y desinteresada, en la realización de este trabajo.

Por supuesto, igualmente agradecer a mi abuelo todos los fines de semana que me acompañó a realizar un deporte incomprendido para muchos y amado para todos aquellos que formamos parte de él, ya que desde que se fue hace 5 años ha dejado un vacío enorme en mi vida y quisiera dedicarle este trabajo para que todo lo que ha hecho por mí se vea recompensado porque sé, que desde el cielo, estará orgulloso de mí.

Además, dar las gracias a las dos personas que me descubrieron esta maravillosa visión del mundo del fútbol. A mi primo Carlos por llevarme a vivir esta profesión en mis vacaciones en Barcelona desde los 4 años y a mi delegado arbitral, Tomás, que desde que empecé a formar parte de la delegación arbitral del Noroeste con tan solo 10 años se ha convertido, en más que un gran amigo, en mi padre profesional.

Por último y no menos importante, agradecer que en segundo curso se cruzara en mi camino un gran profesional de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, un profesor cercano que se interesó por esta profesión con la que llevamos trabajando juntos desde el año pasado. Por esto quisiera agradecerle su tiempo, su dedicación, su apoyo y su comprensión. Gracias Pepe.

A nivel institucional quisiera agradecer:

Al Comité Técnico de Árbitros de la Federación de Fútbol de la Región de Murcia por creer en este proyecto y permitirme utilizar la tecnología para mejorar e innovar en la preparación física, técnica y táctica en el arbitraje del fútbol.

Índice

	Pág.
1. Introducción.....	1
2. Método.....	2
2.1. Muestra	2
2.2. Análisis cinemático	3
2.3. Análisis fisiológico	4
2.4. Análisis de la toma de decisiones	5
2.5. Análisis estadístico	6
3. Resultados.....	6
3.1. Frecuencia cardíaca	6
3.2. Velocidad de desplazamiento y distancia recorrida	9
3.3. Aceleraciones	12
3.4. Toma de decisiones	15
4. Discusión.....	20
4.1. Análisis cinemático y fisiológico	20
4.2. Análisis de la toma de decisiones	21
5. Conclusiones.....	23
6. Propuestas para futuras investigaciones.....	24
7. Bibliografía.....	25

1. INTRODUCCIÓN

Según las Reglas de Juego (FIFA, 2015): “Regla 3: El partido será jugado por dos equipos formados por un máximo de once jugadores cada uno, de los cuales uno jugará como guardameta y; Regla 5: El partido será controlado por un árbitro, quien tendrá la autoridad total para hacer cumplir las Reglas de Juego, en colaboración con los árbitros asistentes los cuales podrán designarse.” Por lo cual, en un partido de fútbol confluyen tanto las decisiones tomadas por los jugadores como las decisiones tomadas por los árbitros para controlar los diversos hechos u infracciones que se produzcan durante el total del encuentro (Reina-Gómez y Hernández-Mendo, 2012; Reilly y Gregson, 2006).

En consonancia, la respuesta fisiológica, cinemática y de toma de decisiones de un árbitro durante un partido se ve siempre condicionada por la conducta física y técnica que adoptan cada uno de los futbolistas y por la manera en que estos se disponen tácticamente en el terreno de juego tanto en acciones defensivas como ofensivas (D’Ottavio y Castagna, 2001; Weston, Drust y Gregson, 2011; Elsworth et al., 2014).

Por dichas razones, existen múltiples causas que pueden incidir en la diferencia de la respuesta del árbitro a nivel fisiológico y cinemático durante un encuentro de competición oficial entre las que podemos encontrar la metodología empleada para registrar los datos (Asami, Togari y Ohashi, 1988; D’Ottavio y Castagna, 2001; Krustup y Bangsbo, 2001), el criterio utilizado para clasificar las exigencias fisiológicas y cinemáticas en la literatura (Asami *et al.*, 1988; Catterall, Reilly, Atkinson y Goldewells, 1993; Johnston y McNaughton, 1994; D’Ottavio y Castagna, 2001; Krustup y Bangsbo, 2001), el nivel de condición física de los árbitros (Krustup y Bangsbo, 2001; Castagna y D’Ottavio, 2001; Reilly y Gregson, 2006; Pascual et al., 2014), la categoría de la competición en la que se desarrolla la investigación (Harley, Tozer y Doust, 2001; Castagna, Abt y D’Ottavio, 2004; Mohr, Krustup y Bangsbo, 2005) o el estilo de juego de los equipos el cual influye en el tipo de trabajo que ejercen los futbolistas (Reilly, 1997; Weston *et al.*, 2011).

En cuanto a la toma de decisiones del árbitro podemos decir que pueden influir otros factores diferentes como son las presiones del público cuando un equipo juega como local y el número de aficionados que presencian el encuentro (Page y Page, 2010; Downward y Jones, 2007), la categoría del partido y la formación según la categoría que ostentan los árbitros

analizados (Rodríguez-Salazar y Salazar-Rojas, 2002; Jones, Paul y Erskine, 2002; Larkin et al., 2011), el período de juego en el que se produce (Rodríguez-Salazar y Salazar-Rojas, 2002; Unkelbach y Memmert, 2008; Elsworthy *et al.*, 2014), el posicionamiento correcto del árbitro en el terreno de juego (Mallo-Sainz y Navarro, 2009; Mallo, Frutos, Juárez y Navarro, 2012; Elsworthy *et al.*, 2014), la presión social y la nacionalidad de los árbitros (Dawson y Dobson, 2010), las decisiones adoptadas previamente en el transcurso del partido (Plessner y Betsch, 2001) y el desarrollo de los procesos psicológicos del árbitro en relación a volumen de memoria instantánea y nivel de atención (Ortega, Villamizar y Zahir, 2014).

Este trabajo estará dividido en dos partes. En la primera parte de este estudio el objetivo ha sido describir las exigencias fisiológicas y cinemáticas de un árbitro principal y los árbitros asistentes durante diversos partidos de la categoría de Tercera División y comparar estos con los resultados obtenidos en diferentes estudios analizados en la literatura. En la segunda parte de este estudio se ha analizado la relación existente entre las variables fisiológicas y cinemáticas de un árbitro durante varios partidos de competición oficial y la toma de decisión de las diferentes infracciones y sanciones en el juego tanto a nivel técnico como a nivel disciplinario.

2. MÉTODO

2.1. MUESTRA

La presente investigación se desarrolló durante la temporada 2014-2015, entre los meses de diciembre del año 2014 y abril del año 2015 en el Campeonato de Liga de Tercera División en su grupo XIII, el cual es perteneciente a la Región de Murcia, y está organizado por la Real Federación Española de Fútbol (RFEF).

En esta investigación participaron un total de 6 sujetos. De los sujetos participantes uno intervino en todos los partidos como árbitro principal, el cual pertenecía a la categoría de Tercera División (grupo XIII). También participaron en el estudio 5 árbitros asistentes de los cuales 2 de ellos actuaron como asistentes número 1 (su posicionamiento en el terreno de juego era en la banda donde se situaban las áreas técnicas y a las funciones habituales se les añadían la de realización de las sustituciones y el control del cuerpo técnico y jugadores suplentes, tanto cuando se encontraban en el área técnica como cuando realizaban ejercicios de calentamiento en la línea de banda que éste controlaba) y ostentan la categoría de asistentes

específicos de Tercera División. Los 3 árbitros asistentes restantes actuaron como asistentes número 2 y se situaban en la línea de banda donde no se encontraban las áreas técnicas, ostentando estos la categoría de Preferente Autonómica como árbitros principales, la cual está organizada por la Federación de Fútbol de la Región de Murcia. En la tabla 1 se muestra la participación de los sujetos en la investigación.

Tabla 1. *Sujetos participantes en la investigación*

Deportistas	Árbitro principal	AA1	AA2
Partido 1	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 4
Partido 2	Sujeto 1	Sujeto 3	Sujeto 5
Partido 3	Sujeto 1	Sujeto 3	Sujeto 4
Partido 4	Sujeto 1	Sujeto 3	Sujeto 6

Nota. AA1: Árbitro asistente número 1, AA2: Árbitro asistente número 2.

En cuanto a la edad, estatura y masa corporal (media \pm desviación estándar) de los sujetos sometidos a estudio fue de $21,2 \pm 0,98$ años; $175,67 \pm 4,27$ cm y $65,73 \pm 4,68$ kg. Antes de empezar la investigación se informó del proyecto a todos los árbitros y se obtuvo consentimiento escrito por parte de la Real Federación Española de Fútbol a través de la Federación de Fútbol de la Región de Murcia y de todos los jueces para formar parte de la investigación.

2.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO

La adquisición de los datos relativos a la participación de los árbitros en los partidos se llevó a cabo empleando un dispositivo inercial (wireless inercial movement unit) denominado WIMU (RealTrack Systems, Almería, España) el cual integra diferentes sensores (tres acelerómetros, un giróscopo, un GPS y un magnetómetro, entre otros). Este dispositivo tiene una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Para la realización de este estudio los datos fueron grabados en una tarjeta microSD que incorpora el dispositivo. Para anexionar el dispositivo a árbitro y árbitros asistentes este se introducía en un arnés diseñado específicamente para incorporarlo (figura 1) y posteriormente se colocaba a cada árbitro (figura 2).



Figura 1 y 2. Introducción del dispositivo WIMU en el arnés específico y colocación del mismo en uno de los sujetos participantes en la investigación.

La velocidad lineal de los movimientos que realizaron los jueces se agruparon en los siguientes intervalos según Mallo, García-Aranda y Navarro (2010): (a) estar parado (<3,6 km/h); (b) andar (3,61-7,20 km/h); (c) trotar (7,21-13 km/h); (d) correr (13,01-18 km/h) y (e) esprintar (>18 km/h). Todos los desplazamientos que excedían la velocidad lineal de 13 km/h formaban la categoría “Ejercicio de alta intensidad”. Independientemente de la velocidad de carrera, los desplazamientos se clasificaron en movimientos de frente y de espalda según el sentido de locomoción empleado por los jueces.

Para el registro de las diferentes infracciones que los árbitros sancionaban en el terreno de juego se instalaron 2 cámaras. Cada cámara estaba orientada para grabar la mitad del terreno de juego y posteriormente se fusionaban ambos videos para poder visualizar el terreno de juego y la disposición de todos los elementos de forma completa. En todas las situaciones en las que los árbitros señalaban infracciones, se obtenía el posicionamiento del mismo a través de los datos obtenidos por el GPS (latitud y longitud) y estos se proyectaban en el espacio mediante el software Qüiko (RealTrack Systems, Almería, España), el cual sincronizaba dichos datos simultáneamente con el video. Las infracciones se clasificaron en función del período de juego en las que se indicaban y según su lugar en el campo. Para ello, se partió del modelo de Krustup y Bangsbo (2001) al cual se le añadieron dos zonas adicionales. Veinte metros a cada lado de la línea central divisoria de ambos campos se establecía una línea imaginaria para diferenciar la zona de ataque y la zona central. A su vez, todo el terreno de juego era dividido longitudinalmente en dos mitades: izquierda y derecha. De este modo, cada mediocampo estaba formado por cuatro zonas: central derecha, central izquierda, ataque izquierdo, ataque derecho.

2.3. ANÁLISIS FISIOLÓGICO

La frecuencia cardiaca se registró mediante el empleo de una banda GARMIN (Garmin Ltd., Olathe, Kansas, Estados Unidos) la cual enviaba los datos al sistema WIMU (RealTrack Systems, Almería, España) a través de la tecnología Ant+ en 4 partidos de la categoría Tercera División (Grupo XIII) con una frecuencia de muestreo de 4 s. Los datos fueron analizados mediante el software Qüiko (RealTrack Systems, Almería, España). A partir de los archivos disponibles de sesiones de entrenamiento, partidos de competición y pruebas físicas de cada uno de los árbitros se pudo calcular el valor de frecuencia cardiaca máxima (FCmax) para cada juez.

Los esfuerzos se clasificaron en las siguientes categorías en función de la FCmax individual según Helsen y Bultynck (2004): (a) recuperación pasiva (<65% FCmax); (b) recuperación activa (66-75% FCmax); (c) media intensidad (76-85% FCmax); (d) alta intensidad (86-95% FCmax) y (e) máxima intensidad (>96% FCmax).

2.4. ANÁLISIS DE LA TOMA DE DECISIONES

La adquisición de los datos para el análisis de la toma de decisiones se realizó a través de la grabación de los encuentros mediante el sistema mencionado anteriormente de 2 cámaras. Para determinar el momento exacto de la intervención del árbitro, uno de los encargados de la grabación portaba un dispositivo WIMU. En el momento en el que el árbitro hacía sonar el silbato, éste realizaba una pulsación en el dispositivo. Posteriormente, se incorporaban todos los datos cinemáticos y fisiológicos de los sujetos participantes, los datos de las marcas realizadas y el video en el software Qüiko en los diferentes encuentros analizados y estos finalmente se sincronizaban.

Posteriormente, se seleccionaron todas las decisiones realizadas por el árbitro. Las secuencias de las diferentes infracciones incorporaban los datos fisiológicos y cinemáticos los cuales fueron clasificados atendiendo a los siguientes criterios (FIFA, 2014) expuestos en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de las variables utilizadas en la investigación y codificación de las mismas según FIFA (2014): “Regla 12: Infracciones y Sanciones”.

Clasificación de las decisiones		Codificación de las decisiones
Técnicas	No infracción	0
	Tiro Libre Directo	1
	Tiro Libre Indirecto	2
	Tiro Penal	3
Disciplinarias	No sancionable	0
	Amonestación	1
	Expulsión	2

Para analizar si la decisión tomada por los árbitros en cada uno de los encuentros es correcta o no se creó un comité de expertos formado por 5 árbitros pertenecientes a las categorías de Segunda División B y de Tercera División. Se realizó un proceso de formación de los expertos para asegurar la confiabilidad intra e interobservador, para ello se utilizaron secuencias de situaciones previamente analizadas y distribuidas por el departamento de arbitraje de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) y que son distribuidos por la dirección técnica del Comité Técnico de Árbitros de la Real Federación Española de Fútbol a todos los árbitros de categoría nacional al inicio de la temporada. Estas secuencias son utilizadas para mejorar la capacidad de análisis de los aspectos más determinantes de las infracciones producidas durante partidos de competición oficial (Schweizer, 2011). Al finalizar el proceso de formación, se consiguió una confiabilidad inter e intraobservador de los expertos de 0,85.

En la tabla 3 se muestra el plan de formación llevado a cabo por el comité de expertos para evaluar la toma de decisiones de los árbitros analizados a lo largo de la investigación.

Tabla 3. Planificación de la formación del comité de expertos encargado de evaluar la toma de decisiones del árbitro analizado en la investigación

Día	Objetivo
Día 1	Presentación del estudio y objetivos de la investigación. Inicio en el período de formación de visualización de vídeos impartida la sesión por el Director Técnico del Comité Técnico de Árbitros de la Federación de Fútbol de la Región de Murcia.
Día 2	Continuación con la formación en visualización de vídeos
Días 3, 4 y 5	<ul style="list-style-type: none"> - 1 hora: Formación en visualización de vídeos - 1 hora: Análisis de vídeos FIFA. Al finalizar se realizó un análisis estadístico de los resultados del comité para determinar la confiabilidad inter e intraobservador.

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este trabajo se ha empleado un análisis estadístico descriptivo donde los datos se muestran como promedios y desviaciones estándar (promedio \pm DS) para describir todas las exigencias o requerimientos obtenidos en los sujetos objeto de estudio.

Para todo ello fue utilizado el programa *Microsoft Office Excel 2007* para el sistema operativo *Windows*.

3. RESULTADOS

3.1. FRECUENCIA CARDÍACA

El árbitro principal alcanzó una frecuencia cardíaca máxima durante el partido de 207 pulsaciones/minuto, registrada en la primera parte de uno de los encuentros. La frecuencia cardíaca media de este fue de $179,4 \pm 2,02$ pulsaciones por minuto (ppm), siendo esta más elevada en la primera parte ($181,8 \pm 3,59$ ppm) que en la segunda parte del encuentro ($177,3 \pm 2,63$ ppm). En cuanto al porcentaje de trabajo del árbitro principal a alta intensidad encontramos que la media de todos los partidos fue de $68,38\% \pm 7,57$, siendo mayor la registrada durante el primer tiempo ($76,28\% \pm 12,23$) que la registrada durante el segundo tiempo ($60,69\% \pm 3,96$). En la figura 3 se analiza la distribución del tiempo por intervalos en base a su frecuencia cardíaca máxima.

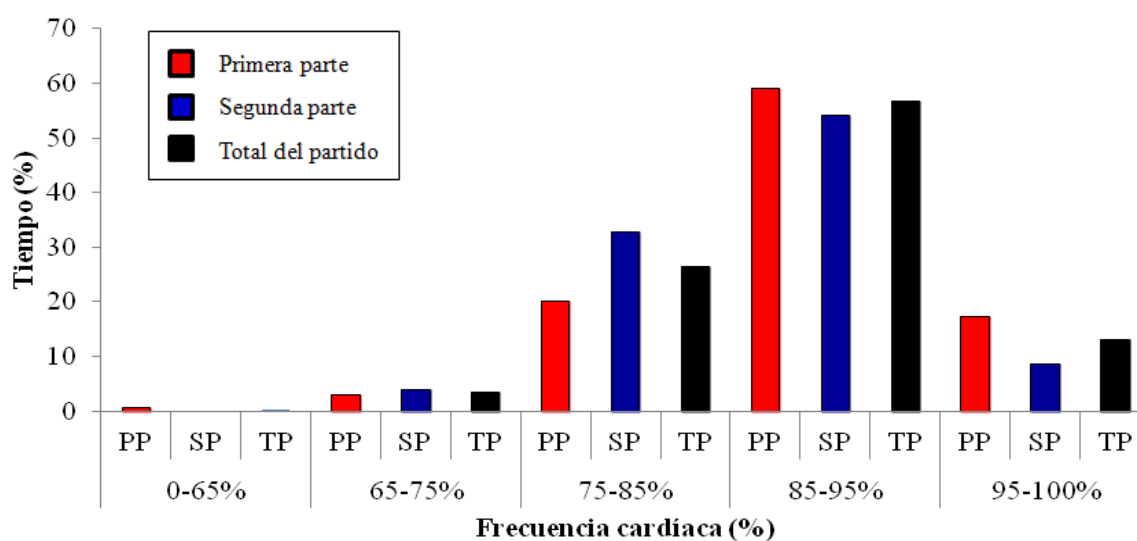


Figura 3. Distribución de los porcentajes de la frecuencia cardíaca máxima en relación al tiempo de trabajo del árbitro principal durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro.

El árbitro se encuentra durante la mayor parte del encuentro en porcentajes entre el 85% y el 95% de su frecuencia cardíaca máxima ($56,27\% \pm 4,28$), siendo los valores superiores al 85% predominantes en la primera parte del encuentro ($76,41\% \pm 7,65$) sobre la segunda parte del mismo ($62,78\% \pm 3,72$). Por último, cabe destacar que los valores entre el 65% y el 85% de la FCmax son superiores en la segunda parte del partido ($36,55 \pm 5,83$) sobre la primera parte de éste ($22,93 \pm 7,41$).

El árbitro asistente número 1 alcanzó una frecuencia cardíaca máxima durante el partido de 174 pulsaciones/minuto registrada en la primera parte de uno de los encuentros. La frecuencia cardíaca media de este fue de $139,1 \pm 2,29$ pulsaciones por minuto, siendo esta más elevada en la primera parte ($141,7 \pm 2,08$ ppm) que en la segunda parte del encuentro ($137,2 \pm 2,13$ ppm). En cuanto al porcentaje de trabajo del árbitro asistente número 1 a alta intensidad encontramos que la media de todos los partidos fue de $23,29\% \pm 2,96$, siendo mayor la registrada durante el primer tiempo ($32,16\% \pm 10,36$) que la registrada durante el segundo tiempo ($21,31\% \pm 8,49$). En la figura 4 se describe la distribución del tiempo por intervalos en base a la frecuencia cardíaca máxima del árbitro asistente número 1

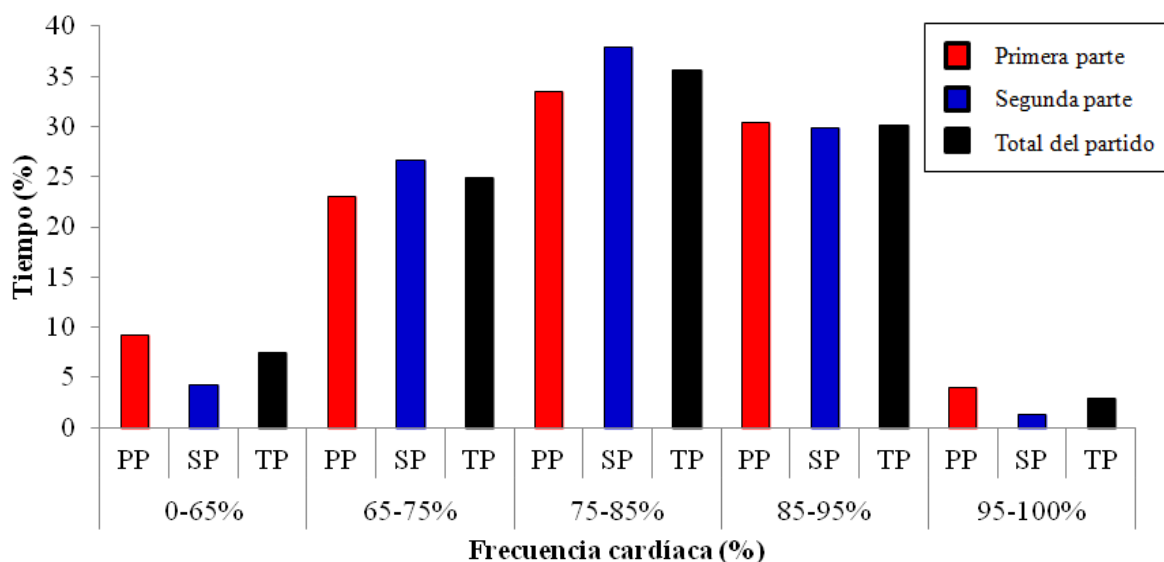


Figura 4. Distribución de los porcentajes de la frecuencia cardíaca máxima en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 1 durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro

El árbitro asistente número 1 se encuentra durante la mayor parte del encuentro en porcentajes entre el 75% y el 95% de su frecuencia cardíaca máxima ($67,82\% \pm 10,16$), siendo los valores entre el 75% y el 85% predominantes en la segunda parte del encuentro ($37,88\% \pm 7,71$) sobre la primera parte del mismo ($33,43\% \pm 12,60$). Finalmente, cabe

destacar que los valores entre el 85% y el 100% de la FCmax son superiores en la primera parte del partido ($34,36 \pm 5,63$) sobre la segunda parte de éste ($31,23 \pm 10,11$).

El árbitro asistente número 2 alcanzó una frecuencia cardíaca máxima durante los partidos de 184 pulsaciones/minuto registrada en la primera parte de uno de los encuentros. La frecuencia cardíaca media de este fue de $140,3 \pm 4,92$ pulsaciones por minuto, siendo esta más elevada en la primera parte ($142,3 \pm 5,08$ ppm) que en la segunda parte del encuentro ($138,6 \pm 9,61$ ppm). En cuanto al porcentaje de trabajo del árbitro asistente número 2 a alta intensidad encontramos que la media de todos los partidos fue de $21,47\% \pm 4,11$, siendo mayor la registrada durante el primer tiempo ($21,74\% \pm 2,42$) que la registrada durante el segundo tiempo ($19,05\% \pm 7,31$). En la figura 5 se muestra la distribución del tiempo por intervalos en base a la frecuencia cardíaca máxima del asistente número 2.

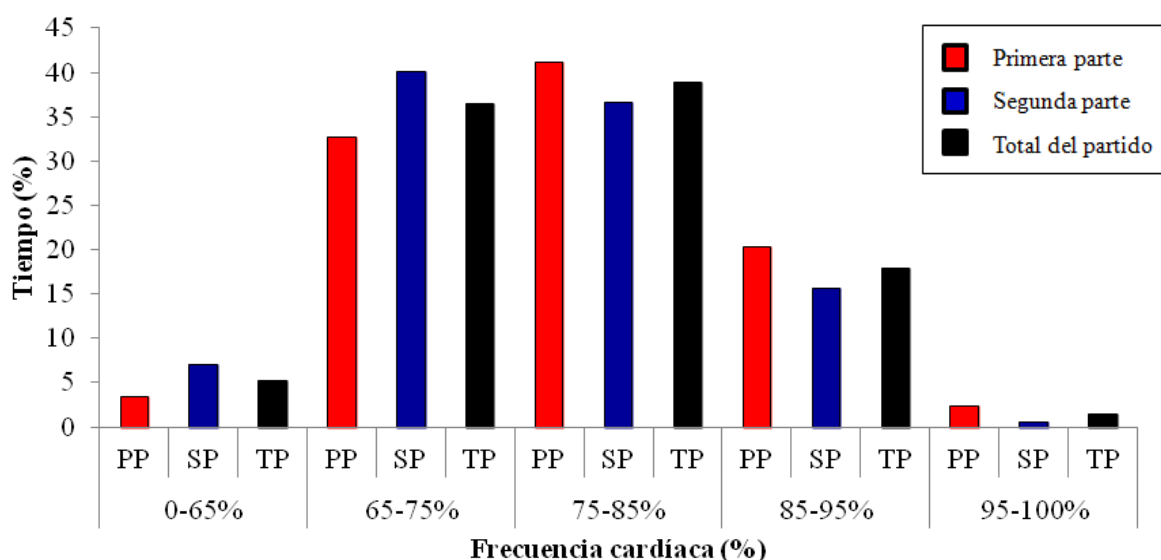


Figura 5. Distribución de los porcentajes de la frecuencia cardíaca máxima en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 2 durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro

El árbitro asistente número 2 se encuentra durante la mayor parte del partido en porcentajes entre el 65% y el 85% de su frecuencia cardíaca máxima ($75,37\% \pm 3,34$), siendo los valores entre el 75% y el 85% predominantes en la primera parte del encuentro ($41,20\% \pm 5,01$) sobre la segunda parte del mismo ($36,65\% \pm 6,80$). Además, cabe destacar que los valores por encima del 85% de la FCmax son inferiores ($22,28 \pm 2,28$) a los realizados por el asistente número 1 ($29,92 \pm 7,37$).

3.2. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO Y DISTANCIA RECORRIDA

El árbitro principal recorrió una distancia media de $10124,7 \pm 543,2$ metros y una distancia máxima en uno de los encuentros analizados de 10574,3 metros. En cuanto a la distancia recorrida en las diferentes partes del encuentro, estas fueron mayores en la primera parte de los partidos ($5233,9 \pm 293,8$ metros) que en la segunda parte de estos ($4943,7 \pm 390,1$ metros). En la figura 6 se muestran los porcentajes de velocidad de desplazamiento en relación al tiempo de trabajo del árbitro principal.

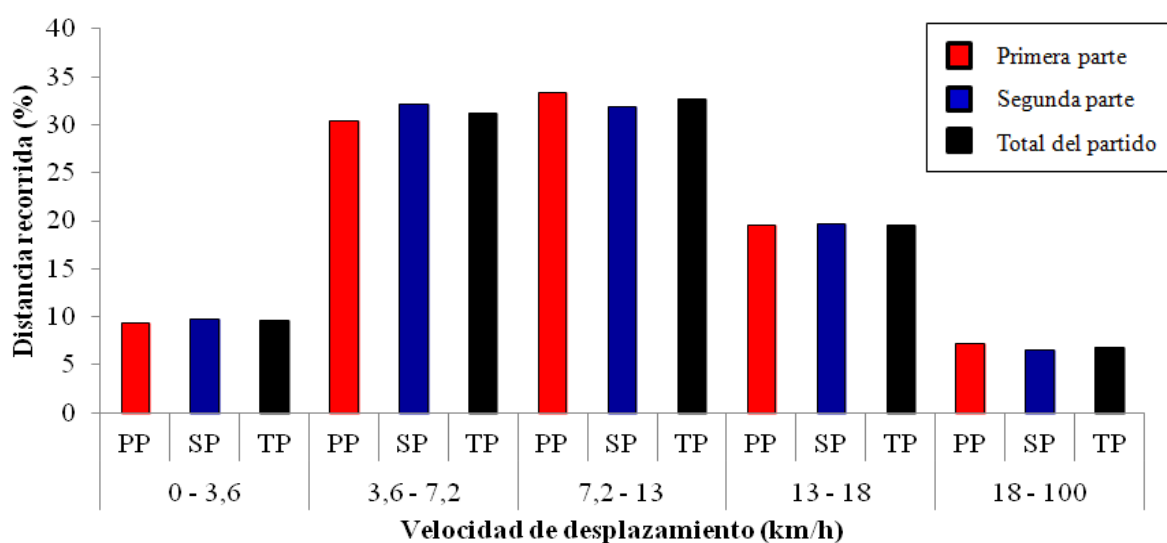


Figura 6. Distribución de los porcentajes de la velocidad de desplazamiento en relación al tiempo de trabajo del árbitro principal durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro

El árbitro se encuentra la mayor parte del encuentro en velocidades de desplazamiento entre 3,6-7,2 km/h (andar) y entre 7,2-13 km/h (trotar) en relación a la distancia total recorrida durante el partido ($64,75\% \pm 4,35$ correspondiente a $6331,3 \pm 308,0$ metros). Descartando los dos intervalos de velocidad de desplazamiento predominantes (andar y trotar), el árbitro realiza una quinta parte de la distancia recorrida durante el partido corriendo entre 13-18 km/h ($19,55\% \pm 2,00$ correspondiente a $1951,1 \pm 310,5$ metros) y la menor distancia la realiza en sprint a una velocidad mayor de 18 km/h ($6,8\% \pm 0,7\%$ correspondiente a $680,2 \pm 102,6$ metros). Finalmente, el árbitro principal sólo realiza a una velocidad inferior a 3,6 km/h (parado) una distancia del $9,6\% \pm 1,5$ de la distancia total del encuentro. En cuanto a las diferencias de velocidad de desplazamiento entre la primera parte y la segunda parte no encontramos diferencias.

El árbitro asistente número 1 recorrió una distancia media de $6176,7 \pm 443,1$ metros y una distancia máxima en uno de los encuentros de 6649,1 metros. En cuanto a la distancia recorrida en las diferentes partes del encuentro, estas fueron mayores en la segunda parte de los partidos ($3289,8 \pm 389,1$) metros que en la primera parte de estos ($2933,6 \pm 250,4$ metros). En la figura 7 se muestran los porcentajes de velocidad de desplazamiento en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 1.

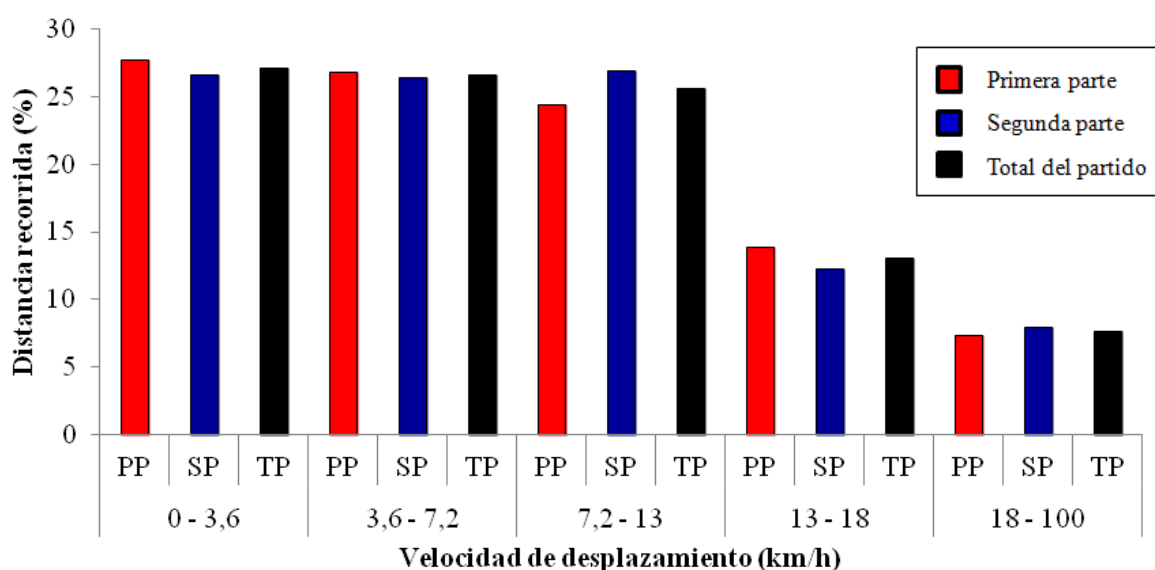


Figura 7. Distribución de los porcentajes de velocidad de desplazamiento en relación a la distancia recorrida por el árbitro asistente número 1 durante la primera, segunda parte y el total del encuentro

El árbitro asistente número 1 se encuentra la mayor parte del encuentro en velocidades de desplazamiento entre 0-3,6 km/h (parado) en un $27,0\% \pm 5,0$, entre 3,6-7,2 km/h (andando) en un $26,5\% \pm 2,4$ y entre 7,2-13 km/h (trotando) en un $25,9\% \pm 2,6$ de la distancia total recorrida en el partido. Con todo lo anteriormente expuesto, el árbitro asistente número 1 completa en el rango entre 0-13 km/h un $79,4\% \pm 3,83$ de la distancia total realizada durante el encuentro ($4347,2 \pm 308,0$ metros). Si eliminamos los intervalos predominantes, el árbitro sólo se encuentra corriendo entre 13-18 km/h en un $13,1\% \pm 3,03$ y esprintando a una velocidad superior de 18 km/h en un $7,5\% \pm 3,5$ de la distancia total realizada al finalizar el encuentro. En cuanto a las diferencias de velocidad de desplazamiento entre la primera parte y la segunda parte no encontramos diferencias.

El árbitro asistente número 2 recorrió una distancia media de $5410,1 \pm 439,1$ metros y una distancia máxima en uno de los encuentros de 5923,7 metros. En cuanto a la distancia recorrida en las diferentes partes del encuentro, estas fueron mayores en la segunda parte de los partidos ($2736,7 \pm 437,5$ metros) que en la primera parte de estos ($2673,4 \pm 61,4$) metros. En la figura 8 se muestran los porcentajes de velocidad de desplazamiento en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 2.

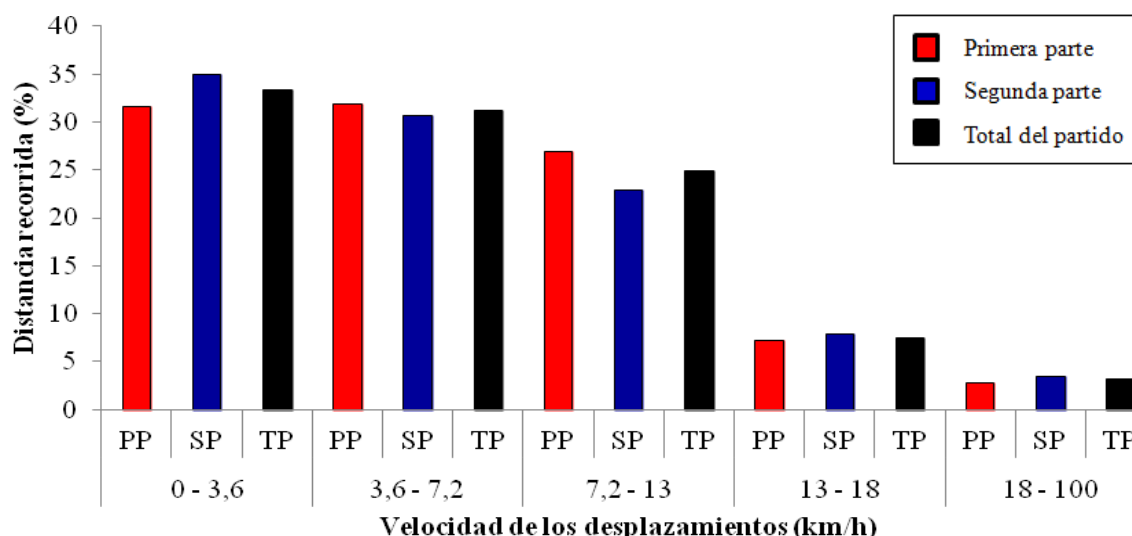


Figura 8. Distribución de los porcentajes de la velocidad de desplazamiento en relación a la distancia recorrida por el árbitro asistente número 2 durante la primera, segunda parte y el total del encuentro

El árbitro asistente número 2 se encuentra la mayor parte del encuentro en velocidades de desplazamiento tanto parado entre 0-3,6 km/h ($33,2\% \pm 6,9$) como andando entre 3,6-7,2 km/h ($31,2\% \pm 3,2$). Sumando los intervalos anteriormente expuestos, el asistente número 2 recorre un $64,4\% \pm 4,92$ entre 0-7,2 km/h de la distancia total realizada durante el encuentro ($3490,5 \pm 347,8$ metros). Eliminando los intervalos de desplazamiento más utilizados, el asistente realiza entre 7,2-13 km/h (trotando) un $25,0\% \pm 3,7$ de la distancia total recorrida. Finalmente, encontramos a un amplio margen los intervalos de velocidad de desplazamiento entre 13-18 km/h con $7,5\% \pm 1,2$ y el grupo de velocidad mayor de 18 km/h con $3,1\% \pm 1,9$ de la distancia total recorrida. En cuanto a las diferencias de velocidad de desplazamiento entre ambos períodos encontramos diferencias en el grupo de 7,2-13 km/h donde se recorre mayor distancia en la primera parte y en el grupo entre 0-3,6 km/h donde se realiza mayor longitud en la segunda parte.

3.3. ACELERACIONES

El árbitro principal realiza una media de aceleraciones totales de $1217,5 \pm 361,4$ y una media de deceleraciones totales de $1092,5 \pm 258,3$. Si relacionamos el total de cambios de ritmo con el tiempo, el árbitro realiza una media de $13,0 \pm 3,8$ aceleraciones por minuto y una media de $11,7 \pm 2,7$ deceleraciones por minuto. Diferenciado por partes del encuentro, el árbitro realiza mayor número de aceleraciones y deceleraciones en la primera parte tanto a nivel total (primera parte: $627,0 \pm 179,3$ y segunda parte: $559,3 \pm 123,6$) como por minuto (primera parte: $13,6 \pm 3,8$ y segunda parte: $12,1 \pm 2,6$). En la figura 9 se muestran los porcentajes de aceleraciones y desaceleraciones en relación al tiempo de trabajo del árbitro.

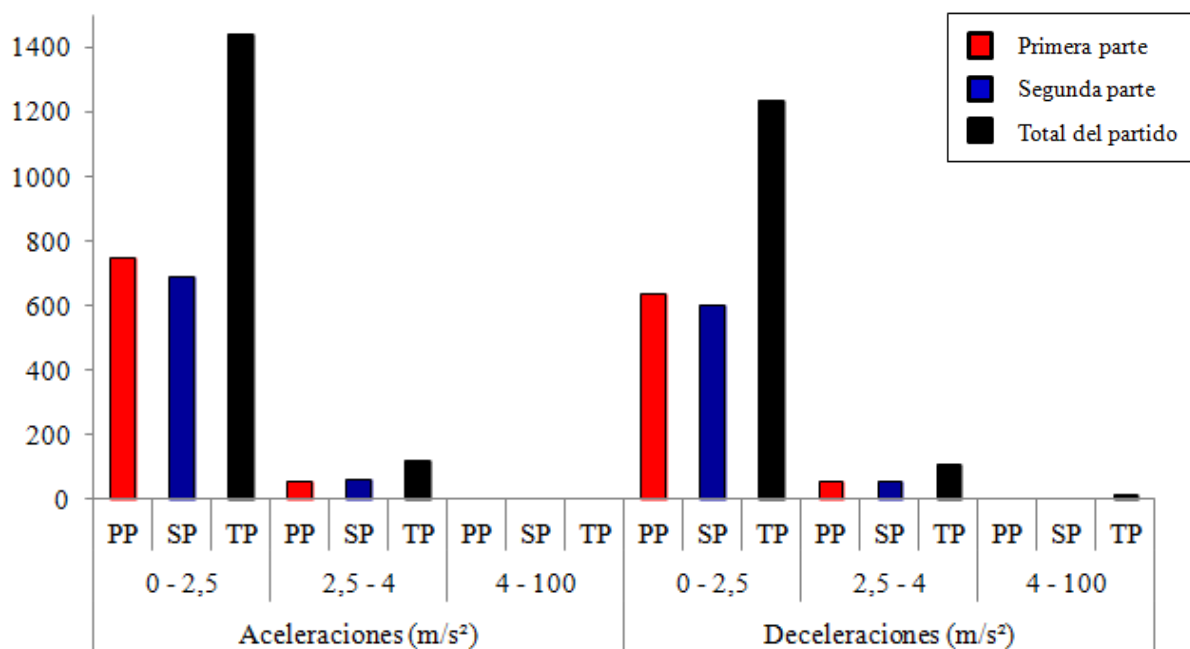


Figura 9. Distribución de los porcentajes de las aceleraciones y deceleraciones en relación al tiempo de trabajo del árbitro principal durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro

Los grupos de aceleración predominantes son las realizadas entre $0-2,5 \text{ m/s}^2$ tanto aceleraciones ($1439 \pm 321,3$) como deceleraciones ($1232 \pm 220,9$). En segundo lugar encontramos el intervalo entre $2,5-4 \text{ m/s}^2$ tanto aceleraciones ($118 \pm 38,5$) como deceleraciones ($109 \pm 34,6$) y por último encontramos las realizadas entre $4-100 \text{ m/s}^2$ las cuales son realizadas en escasas ocasiones a lo largo del partido (aceleraciones: $3,8 \pm 4,2$ y deceleraciones: $7,0 \pm 4,4$).

El árbitro asistente número 1 realiza una media de aceleraciones totales de $1231,8 \pm 253,5$ y una media de deceleraciones totales de $1169,5 \pm 298,4$. Si relacionamos el total de cambios de ritmo con el tiempo, el árbitro realiza una media de $15,7 \pm 3,5$ aceleraciones por minuto y una media de $14,8 \pm 3,4$ deceleraciones por minuto. Diferenciado por partes del encuentro, el árbitro asistente número 1 realiza mayor número de aceleraciones y deceleraciones en la primera parte tanto a nivel total (primera parte: $637,4 \pm 138,0$ y segunda parte: $594,0 \pm 117,4$) como por minuto (primera parte: $13,8 \pm 3,0$ y segunda parte: $12,5 \pm 2,4$). En la figura 10 se muestran los porcentajes de aceleraciones y desaceleraciones en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 1.

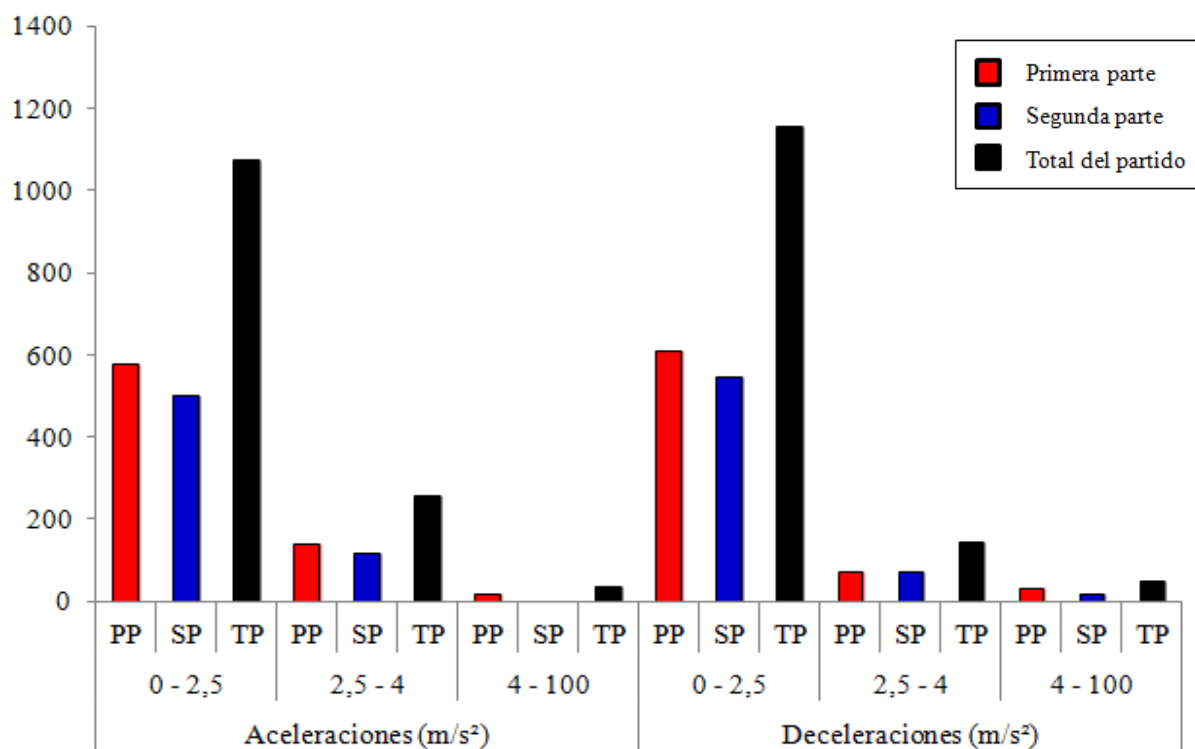


Figura 10. Distribución de los porcentajes de las aceleraciones y deceleraciones en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 1 durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro

El grupo aceleraciones respecto a la velocidad de desplazamiento predominante es aquel en que entre $0-2,5 \text{ m/s}^2$ tanto aceleraciones ($1075 \pm 165,8$) como deceleraciones ($1153 \pm 232,4$). En cuanto al resto de intervalos, el más numeroso pero a gran distancia del predominante son las realizadas entre $2,5-4 \text{ m/s}^2$ en aceleraciones ($257 \pm 93,5$) y deceleraciones ($143 \pm 51,6$) y por último las realizadas entre $4-100 \text{ m/s}^2$ (A: $34 \pm 22,3$ y $47 \pm 21,9$) las cuales cuadruplican las realizadas por el árbitro principal en este grupo.

El árbitro asistente número 2 realiza una media de aceleraciones totales de $1148,5 \pm 117,3$ y una media de deceleraciones totales de $1081,0 \pm 159,4$. Si relacionamos el total de cambios de ritmo con el tiempo, el árbitro realiza una media de $12,3 \pm 1,1$ aceleraciones por minuto y una media de $11,5 \pm 1,6$ deceleraciones por minuto. Diferenciado por partes del encuentro, el árbitro realiza mayor número de aceleraciones y deceleraciones en la primera parte tanto a nivel total (primera parte: $641,8 \pm 93,5$ y segunda parte: $506,8 \pm 152,3$) como por minuto (primera parte: $13,9 \pm 2,2$ y segunda parte: $10,6 \pm 2,8$). En la figura 11 se muestran los porcentajes de aceleraciones y desaceleraciones en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 2.

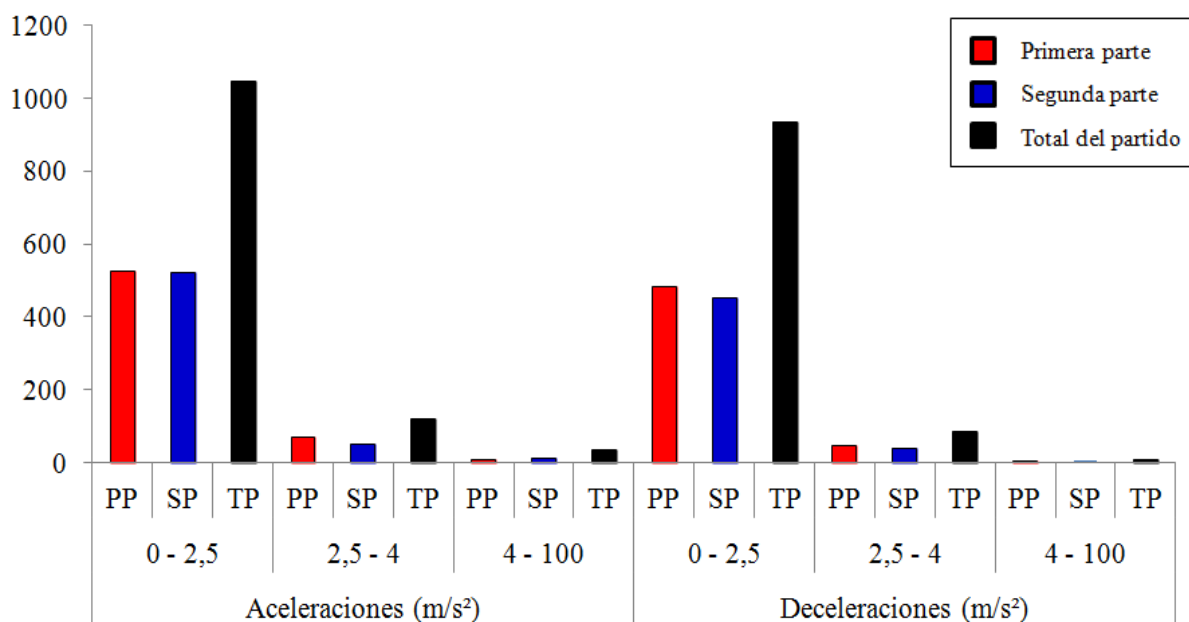


Figura 11. Distribución de los porcentajes de las aceleraciones y deceleraciones en relación al tiempo de trabajo del árbitro asistente número 2 durante la primera parte, la segunda parte y el total del encuentro

El intervalo predominante es aquel entre $0-2,5 \text{ m/s}^2$ tanto aceleraciones ($1047 \pm 78,6$) como deceleraciones ($947 \pm 110,6$). En cuanto al resto de intervalos, el realizado entre $2,5-4 \text{ m/s}^2$ es aquel que se produce, en cuanto a cantidad, en segundo lugar en tanto a aceleraciones ($136,1 \pm 59,3$) y deceleraciones ($114 \pm 43,9$). En último lugar por frecuencia realizada en el encuentro tenemos el intervalo realizado entre $4-100 \text{ m/s}^2$ (aceleraciones: $18,5 \pm 14,2$ y deceleraciones: $19,3 \pm 12,4$), el cual se realiza en menor número que el árbitro asistente número 1 pero en mayor cantidad que el árbitro principal.

3.4. TOMA DE DECISIONES

El árbitro señaló un total de 99 infracciones (n=4) en los partidos analizados de la categoría de Tercera División pertenecientes al grupo XIII. En la tabla 4 se muestra la distribución de las mismas.

Tabla 4. Distribución de las infracciones señaladas por el árbitro en los partidos analizados en el estudio.

	TIP	Tiros Libres Directos			Tiros Libres Indirectos			Tiros Penales					
		Nº	DD			Nº	DD			Nº	DD		
			N	A	R		N	A	R		N	A	R
Partido 1	27	26	20	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Partido 2	27	26	25	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Partido 3	30	30	24	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Partido 4	15	13	9	4	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Media	24,75	23,75	19,50	4,25	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50	0,25	0,25	0,00
SD	6,65	7,41	7,33	2,36	0,00	0,58	0,58	0,00	0,00	0,58	0,50	0,50	0,00

Nota. TIP: Total de infracciones por partido; DD: Decisión Disciplinaria; N: No se sanciona disciplinariamente; A: Amarilla; R: Roja. SD: Desviación estándar.

El comité de expertos analizó de forma minuciosa todas las decisiones adoptadas teniendo una confiabilidad interobservadores del 95,75%, por lo que en todas las decisiones analizadas estuvieron de acuerdo mínimo 4 de los 5 expertos participantes en el estudio. En la tabla 5 se comparan las infracciones señaladas por el árbitro en los partidos observados en la investigación en relación a las decisiones tomadas tras el análisis realizado por el comité de expertos tanto a nivel técnico como a nivel disciplinario.

Tabla 5. Análisis comparativo entre las decisiones tomadas por el árbitro y las decisiones tomadas por el comité de expertos tanto a nivel técnico como a nivel disciplinario.

			Comité de Expertos				
			Decisión Técnica		Decisión Disciplinaria		
			E	A	E	A	
Árbitro Principal	TLD	DT	I	0,17	0,78		
			N			0,07	0,72
		DD	A			0,03	0,13
	TLI		R			0,00	0,00
		DT	I	0,01	0,01		
			N			0,00	0,03
	TP	DD	A				
			R				
		DT	I	0,00	0,03		
			N			0,01	
		DD	A				0,01
			R				
		TOTAL		0,18	0,82	0,11	0,89

Nota. E: Error; A: Acierto; TLD: Tiro Libre Directo; Tiro Libre Indirecto; TP: Tiro Penal; DT: Decisión Técnica; I: Infracción; DD: Decisión Disciplinaria; N: No se sanciona disciplinariamente; A: Amarilla; R: Roja.

En la tabla 5 se puede apreciar como el árbitro tiene un acierto de sanción de infracciones a nivel técnico de 0,82 y no coincide con la decisión del comité de expertos en los tiros libres directos en 0,17 y en los tiros libres indirectos 0,01. Además, en infracciones de orden técnico coincide siempre en la sanción de los tiros penales. A nivel disciplinario el árbitro tiene un acierto de 0,89, no coincidiendo con el comité de expertos en 0,11. La gran mayoría de los errores en sanción disciplinaria han sido encontrados en las infracciones consideradas por el árbitro como no sancionables y por el comité de expertos como sancionables por amonestación (0,07).

Al analizar los datos, se observa un 18% de error a nivel técnico y un 11% a nivel disciplinario por lo que se vio necesario realizar un análisis de los errores y determinar las principales causas por lo que estos se producían. Para ello analizamos diversas variables para ver su influencia en los errores en la señalización de las infracciones que fueron los siguientes: zona del campo, minuto del partido, frecuencia cardíaca, velocidad de desplazamiento y equipo a favor del que se señala la infracción.

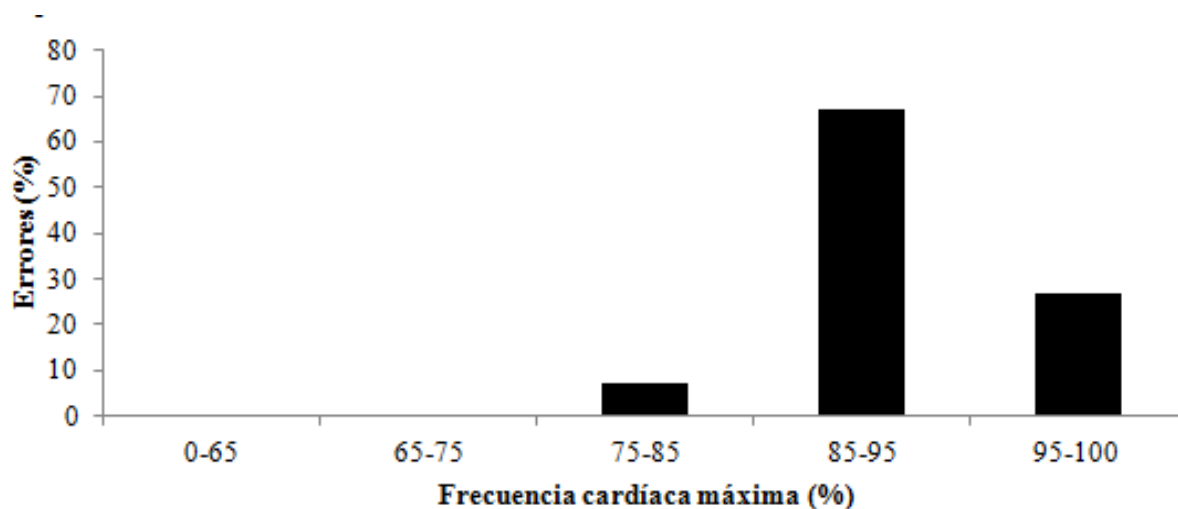


Figura 12. Distribución del porcentaje de errores en la señalización de las infracciones por el árbitro principal en relación a la frecuencia cardíaca.

En la figura 12 se observa una comparativa entre el porcentaje de errores de la señalización del árbitro y su relación la frecuencia cardíaca en dicho instante. El árbitro principal comete sus errores cuando su frecuencia cardíaca máxima es superior al 75%, sobre todo concentrados los errores cuando dicha frecuencia se encuentra entre el 85-95% (67,7%) y es superior al 95% (26,7%).

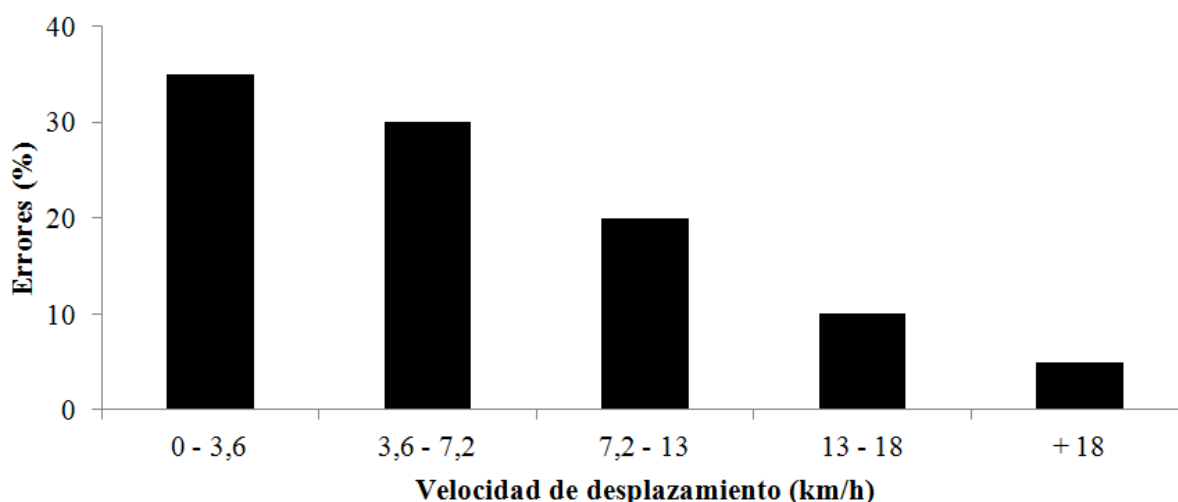


Figura 13. Distribución del porcentaje de errores en la señalización de las infracciones por el árbitro principal en relación a la velocidad de desplazamiento.

En la figura 13 se describe una comparativa entre el porcentaje de errores de la señalización del árbitro y su relación con la velocidad de desplazamiento en dicho instante. El árbitro principal comete un mayor número de errores cuando la velocidad de desplazamiento en la señalización es la menor entre 0-3,6 km/h (35,2%). El error de señalización de las infracciones se va reduciendo conforme la velocidad de desplazamiento del árbitro aumenta.

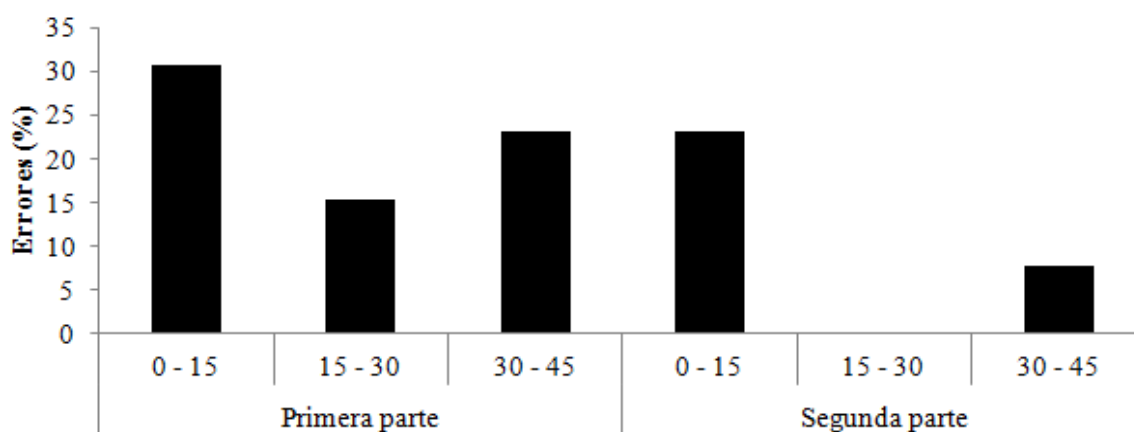


Figura 14. Distribución del porcentaje de errores en la señalización de las infracciones por el árbitro principal en relación al período de juego (en minutos).

En la figura 14 se analiza una comparativa entre el porcentaje de errores de la señalización del árbitro y su relación con el período de juego en el que se producen. La mayoría de los errores (69%) se producen en el primer período de juego. Además por subperíodos podemos observar que en los primeros 15 minutos se produce un error del 54% y entre el minuto 30-45 un error del 31%, produciéndose el menor error en el subperíodo entre el minuto 15 y el minuto 30 (15%).

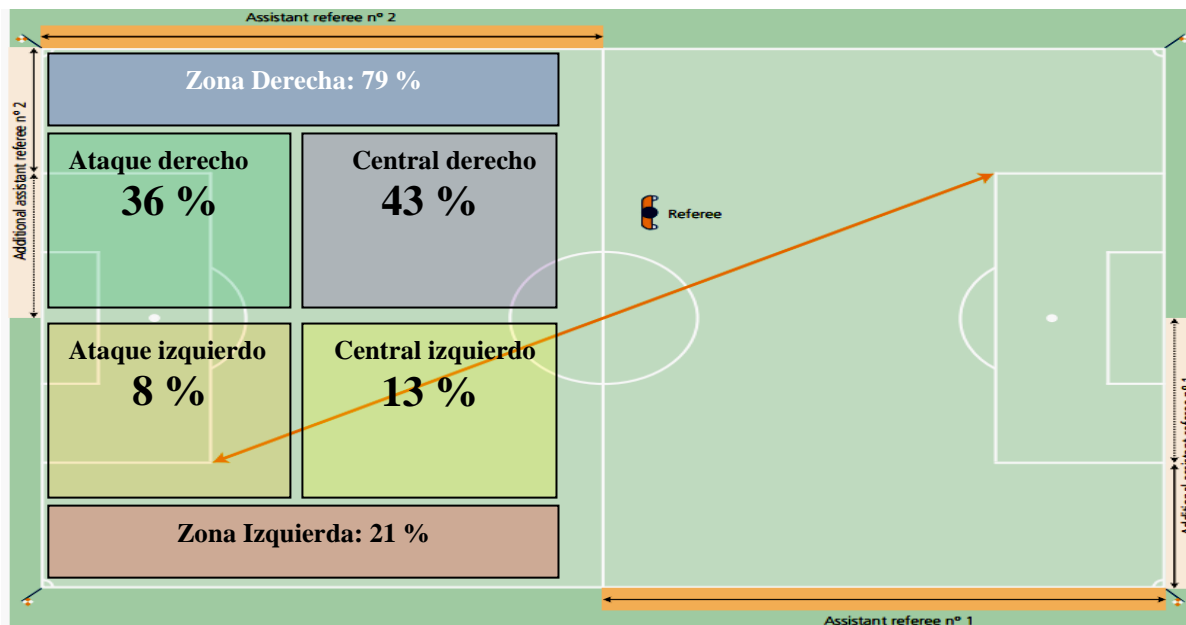


Figura 15. Distribución del porcentaje de errores en la señalización de las infracciones por el árbitro principal en relación a la zona del campo donde se produce la acción y el movimiento realizado por éste en el terreno de juego (FIFA, 2014).

En la figura 15 se muestra el porcentaje de errores de la señalización de infracción por parte del árbitro y su relación con la zona del campo donde se produce la acción en cuanto al movimiento diagonal realizado por el árbitro de fútbol descrito en las Reglas de Juego (FIFA, 2014). Teniendo en cuenta la zona del campo donde se produce la infracción vemos como no existe influencia si la zona donde se produce es de ataque o central pero si influye la zona del campo en cuanto a la lateralidad donde se produce. En la zona derecha del terreno de juego el error del árbitro es muy superior (79%) al que se produce en la zona izquierda del mismo (21%), producido por el desplazamiento diagonal del árbitro descrito en el Figura 1 para dejar el balón a su derecha y poder tener una mejor visión de los asistentes.

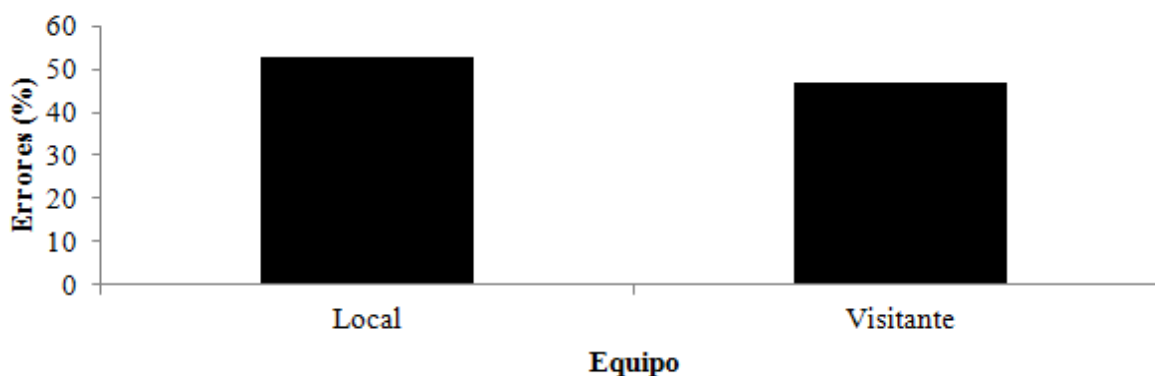


Figura 16. Distribución del porcentaje de errores en la señalización de las infracciones por el árbitro principal en relación al equipo favorecedor de las mismas

En el figura 16 se muestra el porcentaje de errores de la señalización de infracción por parte del árbitro y su relación con el equipo beneficiado de las mismas. Como podemos apreciar no existen diferencias significativas en cuanto a los equipos afectados por los errores del colegiado tanto local (53%) como visitante (47%).

4. DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO Y FISIOLÓGICO

Con los resultados que se han obtenido en la realización de este estudio, se ha podido determinar que tanto árbitros como árbitros asistentes deben ser considerados como poblaciones independientes a la hora de la planificación de los entrenamientos para los partidos de competición oficial (Mallo, 2006; Krusturp et al., 2009; Mallo y Navarro, 2009). Para ello, se ha decidido analizar, paso a paso, todas las variables tanto cinemáticas como fisiológicas que afectan en el rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes en los partidos objeto de esta investigación.

En cuanto a la frecuencia cardíaca máxima (FCmax), el árbitro principal se encuentra durante el partido entre el 85-95% de la misma. Los primeros estudios determinaban que los árbitros tenían una media del 95% de la FCmax (Caterall *et al.*, 1993). Según han ido transcurriendo el tiempo hasta la actualidad los árbitros han ido disminuyendo la misma hasta situarse en valores entre el 85-90% de la FCmax como describen los siguientes estudios (Weston, Helsen, MacMahon y Kirkendall, 2004; Helsen y Bultnick, 2004; Krusturp *et al.*, 2009; Mallo y Navarro, 2009) además de ser mayor en la primera parte que en la segunda parte como en este estudio (Mallo *et al.*, 2009). Para conseguir estos resultados se han utilizado métodos de trabajo intermitente con frecuencias de entrenamiento superiores al 85% de la FCmax (Krusturp y Bangsbo, 2001; Weston et al., 2004). En cambio, los árbitros asistentes tienen una menor FCmax entre 75-85% de la FCmax durante todo el encuentro como demuestran diferentes artículos de la literatura (Mallo, 2006, Mallo y Navarro, 2009; Krusturp *et al.*, 2009).

Además de la FCmax debemos tener en cuenta el tiempo que el árbitro se encuentra realizando trabajo de alta intensidad. En este estudio es de una media del 68,8 % y en la literatura se encuentra entre el 45% y el 50% (Mallo, Navarro, García-Aranda y Helsen, 2009).

En tanto a la distancia recorrida, los árbitros en esta investigación recorren una media de 10,2 km. En la literatura, estudios anteriores reducían esta cantidad a los 9 km (Caterall *et al.*, 1993), pero estudios recientes se encuentran entre los 10 y los 11 km (Krustrup y Bangsbo, 2001; Krustrup *et al.*, 2009; Mallo *et al.*, 2009). En cuanto a los árbitros asistentes estas distancias se reducen a los 6 km (Krustrup *et al.*, 2009; Mallo, Navarro, García-Aranda y Helsen, 2009b) relacionados con los resultados obtenidos en esta investigación.

Si nos basamos en las velocidades de desplazamiento por el terreno de juego en esta investigación el árbitro se desplaza predominante en el intervalo entre 7,2-13 km/h (32,3 %). En diferentes estudios en la literatura este grupo también era el predominante pero con porcentajes inferiores (25%), incrementándose el intervalo entre 3,6-7,2 km/h (30%) en el campeonato del mundo sub-17 del año 2003 (Mallo *et al.*, 2010). En cuanto a los árbitros asistentes, se desplazaron durante mayor porcentaje de la distancia en el intervalo entre 0-7,2 km/h (Asistente número 1: 53,5% y asistente número 2: 64,4%) aunque no se pueden comparar estos datos con los obtenidos en otros estudios ya que estos relacionan el tiempo que los árbitros recorren a esa velocidad y no la distancia de estos.

En cuanto a las aceleraciones no se ha encontrado ningún estudio en la literatura con el que comparar los datos obtenidos en esta investigación. Las conclusiones más importantes obtenidas y en las que se debería continuar en futuras investigaciones serían que las aceleraciones y deceleraciones superiores a $2,5 \text{ m/s}^2$ las cuales son muy superiores en árbitros asistentes que en árbitros principales, son determinantes en el entrenamiento para la competición.

4.2 ANÁLISIS DE LA TOMA DE DECISIONES

En cuanto a la toma de decisiones del árbitro, este tiene un porcentaje de acierto medio en este estudio del 82% en la señalización de las infracciones técnicas y un 88% en el acierto en las infracciones disciplinarias y diferentes estudios ratifican estos resultados tanto en partidos de competición nacional (Mascarenhas, Button, O'Hara y Dicks, 2009; Elsworthy *et al.*, 2014) como de competición internacional (Mallo *et al.*, 2012). Por esto, el porcentaje de error producido por los árbitros es preocupante y por lo cual se investigaron las causas por las que estos se producen y se obtuvieron los siguientes resultados:

En cuanto a la frecuencia cardíaca en la señalización de las infracciones los errores han sido mayores cuando la frecuencia cardíaca es superior al 85% aunque existe un estudio en el que no ha encontrado diferencias significativas entre los errores y los aciertos en relación a la frecuencia cardíaca máxima (Mascarenhas *et al.*, 2009).

Según el período en el que se producen las infracciones, se han encontrado un mayor número de errores en la primera que en la segunda parte y que se producen más errores en los primeros 15 minutos de ambos períodos como se demuestran en investigaciones previamente realizadas (Mascarenhas *et al.*, 2009; Elsworth *et al.*, 2014), aunque existen estudios que indican que los mayores errores se producen en la segunda parte de los encuentros (Mallo *et al.*, 2012).

La velocidad de desplazamiento del árbitro en cuanto a los errores en la señalización de las infracciones no ha sido una variable determinante ya que se encuentran mayor número de errores a menor velocidad en la sanción de las infracciones (Mascarenhas *et al.*, 2009; Elsworth *et al.*, 2014). En cuanto a variables cinemáticas, si está demostrado en la literatura y no pudo ser analizado en esta investigación, que la distancia a la que el árbitro señala las infracciones del lugar donde se cometen si influye en el acierto en la decisión final, siendo demostrado que la distancia óptima de sanción de las mismas es de 11-15 metros teniendo un mayor porcentaje de error tanto a mayor como a menor distancia de ésta (Mallo *et al.*, 2012).

Si tenemos de referencia el posicionamiento en el terreno de juego en relación a la señalización de las infracciones encontramos como en la zona derecha del campo se producen el mayor número de errores (71%), sobre todo producidos en la zona central derecha del terreno de juego (43%). Todo ello es producido por señalarse las infracciones en esta zona a mayor distancia que en la central izquierda, ataque izquierdo y ataque derecho (Mallo, García-Aranda y Navarro, 2010).

Por último, en cuanto al equipo beneficiado por la señalización de las infracciones se encuentra que no existen diferencias, las cuales están contrastadas en la literatura (Mascarenhas *et al.*, 2009; Elsworth *et al.*, 2014).

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes extraídas de la realización de este trabajo de investigación son:

1. Árbitros principales y árbitros asistentes deben considerarse como poblaciones de trabajo totalmente diferentes ya que a nivel fisiológico y cinemático encontramos las siguientes diferencias:
 - **Frecuencia cardíaca:** La frecuencia cardíaca media de trabajo del árbitro principal durante el partido se encuentra entre un 85-95% de la frecuencia cardíaca máxima, mientras que los árbitros asistentes se encuentran entre un 75-85% de la FCmax.
 - **Velocidad de desplazamiento:** La velocidad media de desplazamiento predominante en el árbitro se encuentra entre 7-2 y 13 km/h (trotando) mientras que la velocidad media del árbitro asistente se encuentra entre 3,6-7,2 km/h (andando).
 - **Distancia recorrida:** El árbitro realiza de media $4125,7 \pm 467,2$ metros más que los árbitros asistentes.
 - **Aceleraciones:** El árbitro asistente realiza un mayor número de aceleraciones y deceleraciones que el árbitro principal, sobre todo en los grupos de aceleración de $2,5-4 \text{ m/s}^2$ y cuando éstas son superiores a 4 m/s^2 .
2. En cuanto a las decisiones tomadas por el árbitro principal en la señalización de las diferentes infracciones producidas durante los partidos obtenemos que:
 - **Aspectos que influyen en la toma de decisiones**
 - ✓ **Frecuencia cardíaca:** La mayoría de los errores cometidos por el colegiado (94,4%) son cometidas cuando esta es superior al 85% de la frecuencia cardíaca máxima.
 - ✓ **Zona del terreno de juego:** El árbitro sobre todo toma decisiones erróneas en la parte derecha del terreno de juego producido por el desplazamiento diagonal implantado en las reglas de juego.

- ✓ **Período de juego:** La mayoría de los errores se concentran en el primer tiempo de los encuentros en cuanto a la parte del partido y dentro de estos períodos sobre todo en los primeros 15 minutos de estos.

- **Aspectos que no influyen en la toma de decisiones**
 - ✓ **Velocidad:** El árbitro comete mayor número de errores en el grupo de velocidad de desplazamiento menor 0-3,6 km/h por lo que a mayor velocidad no se produce un mayor error.
 - ✓ **Equipo al que favorece la decisión:** El árbitro comete de forma equitativa errores a favor tanto del equipo local como del equipo visitante rompiendo uno de los principales tópicos del fútbol.

6. PROPUESTAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

A través de la realización de este estudio obtenemos conclusiones bastante importantes para la mejora de la calidad a nivel técnico-táctico y físico de los árbitros de fútbol para mejorar el acierto en los partidos de competición oficial pero que por la reducida muestra y categoría de los colegiados analizados no es extrapolable a la población de árbitros de forma general. Por todo esto, proponemos que en un futuro este estudio se realice con un mayor número de árbitros de superior categoría y con un mayor número de partidos para de esta forma poder generalizar los resultados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Asami, T., Togari, H. y Ohashi, J. (1988). Analysis of movement patterns of referees during soccer matches. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids and W.J. Murphy (editores), *Science and Football*, 341-345. E y FN Spon: Londres.
- Castagna, C., Abt, G. y D'Ottavio, S. (2004). Activity profile of international-level soccer referees during competitive matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 486-490.
- Catterall, C., Reilly, T., Atkinson, G. y Goldewells, A. (1993). Analysis of work rates and heart rates of association football referees. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 193-196.
- Dawson, P., y Dobson, S. (2010). The influence of social pressure and nationality on individual decisions: Evidence from the behaviour of referees. *Journal of Economic Psychology*, 31 (2), 181-191.
- D'Ottavio, S. y Castagna C. (2001). Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 420-425.
- Downward, P., y Jones, M. (2007). Effects of crowd size on referee decisions: Analysis of the FA Cup. *Journal of sports sciences*, 25 (14), 1541-1545.
- Elsworthy, N., Burke, D., y Dascombe, B. J. (2014). Factors relating to the decision-making performance of Australian football officials. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14 (2), 401-410.
- FIFA (2014). Laws of the game 2014-2015 (traducido al castellano). Zurich; SW. Fédération Internationale de Football Association (FIFA). Extraído de: http://es.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/refereeing/02/36/01/11/lawsofthegamewebes_spanish.pdf
- Harley, R.A., Tozer, K. y Doust, J. (2001). An analysis of movement patterns and physiological strain in relation to optimal positioning of association football referees. En W. Spinks, T. Reilly y A. Murphy (editores), *Science and Football IV*, 137-143. Routledge: Londres.
- Helsen, W., & Bultynck, J. B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *Journal of sports sciences*, 22 (2), 179-189.

- Johnston, L. y Mcnaughton, L. (1994). The physiological requirements of soccer refereeing. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 26, 67-72.
- Jones, M., Paull, C. , y Erskine, J. (2002). The impact of a team's aggressive reputation on the decisions of association football referees. *Journal of Sports Sciences*, 20 (12), 991-1000.
- 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., Helsen, W., Randers, M. B., Christensen, J. F., MacDonald, C., Rebelo, A. N., & Bangsbo, J. (2009). Activity profile and physical demands of football referees and assistant referees in international games. *Journal of Sports Sciences*, 27 (11), 1167-1176.
- Larkin, P., Berry, J., Dawson, B., & Lay, B. (2011). Perceptual and decision-making skills of Australian football umpires. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11 (3), 427-437.
- Mallo, J. (2006). *Análisis del rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en el fútbol*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mallo, J., y Navarro, E. (2009). Análisis biomecánico aplicado a la evaluación del rendimiento técnico de los árbitros y árbitros asistentes de fútbol. *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte*, 15, 123-130.
- Mallo, J., Navarro, E., García-Aranda, J., & Helsen, W. (2009). Activity profile of top-class association football referees in relation to fitness-test performance and match standard. *Journal of sports sciences*, 27 (1), 9-17.
- Mallo, J., Navarro, E., Garcia-Aranda, J., & Helsen, W. (2009b). Physical demands of top-class soccer assistant refereeing during high-standard matches. *International journal of sports medicine*, 30 (5), 331-336.
- Mallo, J., García-Aranda, J., y Navarro, E. (2010). Análisis del rendimiento físico de los árbitros de fútbol durante partidos de competición oficial. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 17, 25-40.

- Mallo, J., Frutos, P., Juárez, D., y Navarro, E. (2012). Effect of positioning on the accuracy of decision making of association football top-class referees and assistant referees during competitive matches. *Journal of sports sciences*, 30 (13), 1437-1445.
- Mascarenhas, D., Button, C., O'Hara, D., & Dicks, M. (2009). Physical performance and decision making in association football referees: A naturalistic study. *The Open Sports Science Journal*, 2, 1-9.
- Mohr, M., Krustup, P. Y Bangsbo, O. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23, 593-599.
- Ortega, A., Villamizar, D., y Zahir, R. (2014). Toma de decisiones en árbitros de futbol: una mirada hacia la eficacia y eficiencia. *Actividad física y desarrollo humano*, 6 (1), 111-123.
- Page, L. y Page. K. (2010). Alone against the crowd: Individual differences in referees' ability to cope under pressure. *Journal of Economic Psychology* 31, 192-199.
- Pascual, J., Vaillo, R., Domínguez, C., Martín, J., y Larumbe, A. (2014). Valoración y relación de las características antropométricas y la condición física en árbitros de fútbol. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (406), 15-27.
- Plessner, H., y Betsch, T. (2001). Sequential effects in important referee decisions: The case of penalties in soccer. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 23 (3), 254-259.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15, 257-263.
- Reilly, T., y Gregson, W. (2006). Special populations: The referee and assistant referee. *Journal of sports sciences*, 24 (7), 795-801.
- Reina-Gómez, A. y Hernández-Mendo, A. (2012). Revisión de indicadores de rendimiento en fútbol. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 1 (1), 1-14.
- Rodríguez-Salazar, M. C. y Salazar-Rojas, W. (2002). Relación entre decisiones arbitrales y variables deportivas en el fútbol profesional de Costa Rica. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 2 (2), 50-61.
- Schweizer, G., Plessner, H., Kahlert, D., & Brand, R. (2011). A video-based training method for improving soccer referees' intuitive decision-making skills. *Journal of Applied Sport Psychology*, 23 (4), 429-442.

- Thomas J. y Nelson, J. (2001). Research methods in physical activity. *Human Kinetics*. Champaign, Illinois.
- Unkelbach, C., y Memmert, D. (2008). Game management, context effects, and calibration: The case of yellow cards in soccer. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 30 (1), 95.
- Weston, M., Helsen, W., MacMahon, C., & Kirkendall, D. (2004). The impact of specific high-intensity training sessions on football referees' fitness levels. *The American journal of sports medicine*, 32 (1), 54-61.
- Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2011). Intensities of exercise during match-play in FA Premier League referees and players. *Journal of sports sciences*, 29 (5), 527-532.

