EBM. RECIDE E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte
E-balonmano.com: Journal of Sport Science / ISSN: 1885–7019
Abrev: Ebm. Recide / Ebm. JSS

# UN ESTUDIO DE CASOS: CARACTERIZACIÓN DE LAS DEMANDAS FISIOLÓGICAS, CINEMÁTICAS Y NEUROMUSCULARES DE UN ÁRBITRO DE BALONMANO DURANTE LA COMPETICIÓN

## A case study: characterization of physiological, cinematic and neuromuscular demands of handball referee during competition.

**García-Santos, D.[1], Gamonales, J.M.[1], León, K.[1,2], Mancha, D.[1], & Muñoz, J.[1,2]**

Recibido: 27/09/2017
Aceptado: 30/12/2017

[1]Grupo de Optimización del Entrenamiento y del Rendimiento Deportivo. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura, España.
[2] Investigador asociado. Universidad Autónoma de Chile, Chile.

Correspondencia:
David García Santos
E-mail: dgarcianu@alumnos.unex.es

José Martín Gamonales Puerto
E-Mail: martingamonales@unex.es

## Resumen

El presente estudio pretende conocer y caracterizar las cargas de un árbitro de Balonmano durante la competición. La muestra se compone de dos árbitros que han participado en las finales infantil y cadete de la competición regional de la Federación Extremeña de Balonmano. Se ha comparado ambos árbitros en relación a una variable de carga interna (Frecuencia Cardiaca) y dos variables de carga externa (cinemáticas y neuromusculares). Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre los dos árbitros en ninguna de las variables. Se recomienda continuar con esta línea de investigación en futuras publicaciones con el fin de poder proponer futuros programas de entrenamiento individualizados.

**Palabras clave**: Balonmano; Árbitros; Demandas de Competición; Rendimiento.

## Abstract

The present study aims to know and characterize performance loads of the Handball referees during the competition. Two referees who have participated in the school league of the Extremadura Handball Federation compose the sample. Both referees have been compared in relation to internal load (Heart Rate) and external load variables (kinematic and neuromuscular performance). The results show that there are no significant differences between the two referee in any variables, and allow defining the performance requirements of Handball referees. This research line should be continued in future publications to establish individualized training programs for that population.

**Keywords:** Handball; Referees; Competition Demands; Performance.

## Introducción

El arbitraje resulta esencial en cada competición deportiva, pues es necesario que se cumplan las normas establecidas en el reglamento (Bayer, 1986). Por tanto, la presencia de árbitros adquiere un papel notorio dentro del juego (Louvet, Gaudreau, Menaut, Genty & Deneuve, 2009). Independientemente del tipo de deporte y de la categoría de juego, cada árbitro precisa de una serie de aptitudes para desarrollar correctamente su labor. En este caso, el árbitro de balonmano debe disponer de un conjunto de conocimientos (juego, reglamento, experiencia), habilidades (agudeza visual, concentración, atención, control de partido) y recursos (psicológicos, comunicativos, fisiológicos, neuromusculares, cinemáticos) que facilite su intervención en la competición (García-Santos & Ibáñez, 2016). Un buen uso de estas competencias proporciona el desarrollo de la auto-eficacia arbitral (Myers, Feltz, Guillén & Dithurbide, 2012), que permite mejorar el propio juicio o experiencia arbitral (Dosseville, Laborde & Raab, 2011; Pizzera & Raab, 2012).

El arbitraje en Balonmano es realizado por dos árbitros con la misma autoridad para tomar decisiones (Real Federación Española de Balonmano, 2016). Cada uno de los árbitros debe realizar los movimientos específicos y necesarios para valorar con precisión las diferentes acciones técnico-tácticas que se suceden durante el desarrollo de la competición (García-Santos, Vaquera, Calleja-González, González-Espinosa & Ibáñez, 2017; Schweizer, Plessner & Brand, 2013). En este deporte, existe un árbitro central y un árbitro de portería, que varían su posición en función de las necesidades del juego *(Véase figura 1).*

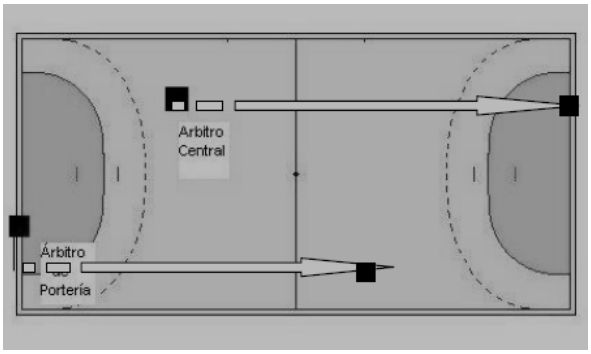


**Figura 1.** *Responsabilidades de los árbitros.*

Para conocer cómo actúa cada árbitro es necesario evaluar su intervención y rendimiento durante el partido mediante una valoración lo más completa posible. En el arbitraje destacan aspectos técnicos (García-Santos & Ibáñez, 2016; Ruiz, Reina, Luis, Sabido & Moreno, 2004), psicológicos (Cantón, Gistain, Checa & León, 2011; Slack, Maynard, Butt & Olusoga, 2013) y físicos (Matkovic, Rupčić & Knjaz, 2014; Vaquera, Renfree, Thomas, St Clair Gibson & Calleja-González, 2014). El análisis de la intervención técnica se puede evaluar empleando el método observacional (Anguera & Hernández-Mendo, 2014), pues se analiza en el contexto de la competición y sin interferir en su dinámica habitual.

El aspecto psicológico se puede evaluar con diversas escalas o cuestionarios (Jaenes, Bohórquez, Caracuel & López, 2012), que permiten analizar diferentes situaciones de estrés y presión durante la competición (Anshel, Sutarso, Ekmekci & Saraswati, 2014; Di Corrado, Pellarin & Agostini, 2011; Pedrosa & García-Cueto, 2015). Sin embargo, la carga fisiológica, cinemática y neuromuscular, difícilmente se puede

medir de manera objetiva dentro del mundo arbitral, por lo que los programas de entrenamiento de manera general se plantean sin tener en cuenta las variables personales de cada árbitro.

Actualmente, se están desarrollando diferentes dispositivos móviles inerciales que permiten conocer las demandas de entrenamiento y rendimiento en los deportes mediante el análisis de la carga física, cinemática y neuromuscular, de forma objetiva y fiable (Costa et al., 2013; Gómez-Carmona & Pino-Ortega, 2016; O´hara et al., 2013). La monitorización y cuantificación del rendimiento de los árbitros durante el partido con dispositivos inerciales permite conocer objetivamente las necesidades y cargas de esfuerzo (Gómez-Carmona & Pino-Ortega, 2016), y facilitar un correcto arbitraje en función del juego (Matković et al., 2014), al tiempo que posibilitan valorar y tomar la decisión adecuada, teniendo en cuenta la limitación temporal existente (García-Santos & Ibáñez, 2016). Esto permitiría la propuesta de futuros programas de entrenamiento individualizados a cada árbitro, donde se trabajen aquellos aspectos que precisan mejorar.

Desde esta perspectiva, el objetivo del estudio se centra en conocer y analizar las demandas fisiológicas, cinemáticas y neuromusculares que soporta un árbitro de balonmano durante la competición.

## Método

### *Diseño*

Siguiendo a Borms (2008), el presente estudio se encuadra dentro de la disciplina científica denominada las *Ciencias del Entrenamiento*, concretamente en el *Análisis Del Rendimiento Deportivo*, siendo el tema de investigación tratado el *Análisis de los Árbitros y Jueces* (O´Donoghue, 2010). Es un estudio transversal que emplea grupos naturales (Ato, López & Benavente, 2013), pues tiene la finalidad de concretar los parámetros de carga de un árbitro de balonmano.

### *Participantes*

La muestra está compuesta por dos árbitros de la Federación Extremeña de Balonmano, que arbitraron las finales regionales de Extremadura en categoría infantil y cadete. Los datos contextuales y antropométricos están recogidos en la Tabla 1. La altura de los sujetos fue medida con un tallímetro portátil de pared (SECA, Hamburgo, Alemania).

La composición corporal de los sujetos se obtuvo mediante un monitor compuesto por 8 electrodos de contacto modelo BC-601 (TANITA, Tokio, Japón). Los sujetos fueron informados de las características del estudio, el método a seguir y los posibles riesgos asociados a su participación, firmando un documento de consentimiento informado antes del inicio del primer partido.

**Tabla 1.** Datos Antropométricos

| | Árbitro 1 | Árbitro 2 |
|---|---|---|
| Edad | 22 | 26 |
| Experiencia (Años) | 6 | 10 |
| Altura (cm) | 1.80 | 1.85 |
| Peso (kg) | 68.90 | 87.80 |
| Grasa Corporal (%) | 14.20 | 18.09 |
| Masa muscular (%) | 55.80 | 71.08 |
| Masa ósea (%) | 2.90 | 3.69 |
| IMC | 21.30 | 25.65 |
| DCI (kcal) | 3541 | 4264 |
| Edad Metabólica (Años) | 25 | 26 |
| Agua Corporal (%) | 60.40 | 62.81 |
| Grasa Visceral (%) | 5.00 | 5.19 |

Todos los procedimientos se encuentran aprobados bajo el código ético de la Universidad de Extremadura, según la Declaración de Helsinki (2013).

***Variables***

En la presente investigación, las variables independientes estarán definidas por el árbitro y la categoría del partido. Las variables dependientes están relacionadas con la carga de entrenamiento, estas variables permiten conocer la cuantificación del esfuerzo que le ha suscitado al árbitro el partido:

a) Variables de Carga Interna: Definidas por la Frecuencia Cardiaca (FC) en distintas zonas de actuación, en concreto *FC1* (50-60% FCmáx), *FC2* (60-70% FCmáx), *FC3* (70-80% FCmáx), *FC4* (80-90% FCmáx), *FC5* (90-95% FCmáx), *FC6* (>95% FCmáx).

b) Variables de Carga Externa: Divididas en variables *cinemáticas* y *neuromusculares*:

- Las variables cinemáticas son *aceleraciones*, *aceleraciones por minuto*, *desaceleraciones*, *desaceleraciones por minuto*, *distancia recorrida*, *distancia recorrida por minuto*, *pasos*, *pasos por minuto*, *velocidad máxima*, *velocidad media* y *zonas de velocidad* ($V_1$=0-7km; $V_2$=7-14km; $V_3$=14-21km).

- Las variables neuromusculares están determinadas por los *impactos*, *PlayerLoad ™(PL™)* y *PlayerLoad™ por minuto (PL™/m)*.

*PlayerLoad™ (PL™):* Es una magnitud vectorial compuesta por las aceleraciones del dispositivo inercial en sus 3 ejes (vertical, anteroposterior y lateral). Se calcula a partir de la siguiente ecuación donde *(Z*) aceleración del eje antero-posterior, (*X*) aceleración del eje medio-lateral; (*Y*) aceleración del eje vertical, (*t*) tiempo y (*n*) número.

$$PlayerLoad_{t=n} \sum_{t=0}^{t=n} \sqrt{(Z_{t=i+1} - Z_{t=i})^2 + (X_{t=i+1} - X_{t=i})^2 + (Y_{t=i+1} - Y_{t=i})^2}$$

Se trata de una variable que cuantifica la cantidad de estrés a la que el árbitro somete su cuerpo durante un espacio de tiempo determinado. Se emplea para evaluar la carga neuromuscular en diferentes atletas (Cormack, Mooney, Morgan & McGuigan 2013), pues posee un grado alto de fiabilidad y validez (Barrett, 2016; Barreira et al., 2017).

***Instrumento y materiales***

Para la recogida de los datos de las variables de carga interna se ha empleado las bandas de Frecuencia Cardíaca Garmin® y para el registro de las variables de carga externa un sistema de registro y monitorización de la actividad física y el movimiento en tiempo real (Wimu®, RealTrack Systems, Almería, España). El análisis de los datos recogidos ha sido realizado a través del software Quiko® (RealTrack Systems, Almería, España), utilizando el programa informático SPSS (SPSS Inc., Chicago IL, EEUU), en su versión 21 para el desarrollo de tratamiento estadístico de los mismos, estableciendo la significatividad en $p$<.05.

***Procedimiento***

En la realización del presente estudio, se estableció un plan de trabajo, donde inicialmente, para la toma y recogida de datos, se determinó una reunión con los responsables de la organización del campeonato de la Federación Extremeña de Balonmano, donde se explicó el protocolo a seguir para la toma y recogida de datos. Posteriormente, se seleccionaron los partidos a registrar, en este caso las finales autonómicas de categoría cadete e infantil de Extremadura.

Los árbitros designados para arbitrar ambas finales conocían perfectamente el funcionamiento a seguir y accedieron a participar en el estudio, firmando un consentimiento informado. Antes de cada partido el árbitro fue monitorizado con las bandas de frecuencia cardiaca y los dispositivos inerciales encargados de registrar los datos *(Véase Figura 2).* La duración de cada partido fue de 20 minutos cada parte, realizando un descanso entre ambas. Tras la finalización de los partidos se elaboró una base de datos empleando el software de análisis estadístico SPSS v.21, donde luego se procesaron todos los datos recogidos.

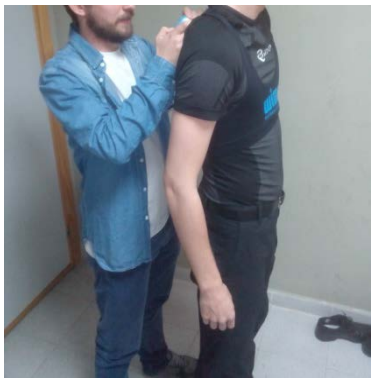

**Figura 2.** *Colación del dispositivo inercial.*

***Análisis estadístico***

En primer lugar, se ha llevado a cabo un análisis exploratorio mediante las pruebas de asunción de criterios y de contraste de Normalidad, Aleatoriedad y Homocedasticidad, con el objetivo de establecer el modelo de contraste de la hipótesis adecuado (Field, 2009). Los niveles de significación obtenidos en cada una de las pruebas en el análisis exploratorio realizado muestran que el modelo de contraste de la hipótesis debe ser no paramétrico. Por tanto, el análisis estadístico seleccionado para conocer las diferencias entre árbitros y partidos ha sido la prueba *U de Mann Whitney.* Además, se han obtenidos los datos descriptivos de cada variable.

## Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los diferentes análisis realizados. Para una mayor facilidad de compresión se han divido en diferentes tablas. Las primeras tres tablas representan los descriptivos de cada una de las variables, mientras que la última tabla muestra los datos del análisis inferencial de la *U de Mann Whitney*. La *Tabla 2* corresponde a los valores asociados a la variable de carga interna (Frecuencia Cardiaca). Se observa una frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) media de 160ppm y las zonas de FC con mayor porcentaje son aquellas que se encuentran entre el 60-90%FCmáx.

**Tabla 2.** *Descriptivos de la Variable de Carga Interna.*

| *A* | *G* | *Fcmáx* | *Zonas Fc* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *50-60%* | *60-70%* | *70-80%* | *80-90%* | *90-95%* | *>95%* |
| 1 | 1 | 180 | | | 11.40 | 72.99 | 12.55 | 3.06 |
| 2 | 1 | 133 | 20.85 | 73.49 | 5.65 | | | |
| 1 | 2 | 184 | 0 | | .82 | 40.41 | 35.20 | 23.57 |
| 2 | 2 | 146 | 5.45 | 61.05 | 33.24 | .27 | | |
| Media | | 160,75 | 6.58 | 33.63 | 12.78 | 28.42 | 11.94 | 6.68 |

*Nota: A=Árbitro; G=Partido; FCmáx=Frecuencia Cardiaca Máxima.*

La *Tabla 3*, muestra los resultados descriptivos de las diferentes variables cinemáticas de carga externa. Donde hay valores medios de aceleraciones (2392), deceleraciones (2365), aceleraciones por minuto (46.34m/s$^2$), deceleraciones por minuto (45.80m/s$^2$), velocidad máxima (13.83km/h), velocidad media (2.43km/h), pasos (1844), pasos por minuto (35), distancia recorrida (3935m), distancia por minuto (76m) y distancia por zonas, donde se encuentran el 95% del tiempo entre 0-7km/h.

**Tabla 3.** *Descriptivos Variables Carga Externa. Variables Cinemáticas.*

| *A* | *G* | *Acc* | *Dec* | *Acc/m* | *Dec* | *Vmáx* | *Vmed* | *P* | *P/m* | *Dis* | *Dis/m* | *DisVel (km/h) (m)* | | | *DisZon (km/h) (%)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | *0-7* | *7-14* | *14-21* | *0-7* | *7-14* | *14-21* |
| *1* | *1* | 2689 | 2458 | 51.8 | 47.3 | 13.5 | 2.4 | 1916 | 36 | 4217 | 81 | 4122 | 95 | | 97.7 | 2.3 | |
| *2* | *1* | 1636 | 2121 | 31.5 | 40.1 | 13.1 | 2.2 | 1154 | 22 | 3347 | 64 | 3161 | 185 | | 94.5 | 5.5 | |
| *1* | *2* | 2988 | 2803 | 58.2 | 54.6 | 15.1 | 2.6 | 2472 | 48 | 3763 | 73 | 3498 | 263 | 2.2 | 93.0 | 6.9 | .06 |
| *2* | *2* | 2255 | 2078 | 43.9 | 40.5 | 13.6 | 2.6 | 1837 | 35 | 4415 | 86 | 4092 | 322 | | 92.7 | 7.3 | |
| *Media* | | *2392* | *2365* | *46.3* | *45.8* | *13.8* | *2.4* | *1844* | *35* | *3935* | *76* | *3718* | *216* | *.5* | *94.5* | *5.5* | *.02* |

*Nota: A=Árbitro; G=Partido; Acc=Aceleraciones; Dec=Deceleraciones; Vmáx=Velocidad Máxima; Vmed=Velocidad Media; P=Pasos; Dis=Distancia; DisVel=Distancia por Velocidad; DisZon=Distancia por Zonas; AVG=Media.*

La siguiente tabla (Tabla 4), especifica los valores descriptivos de las variables neuromusculares. Se puede observar que el árbitro 1 realiza más impactos que el árbitro 2 en ambos partidos. Además, en relación al *PlayerLoad™ (PL™)* se aprecia un aumento de carga del primero al segundo partido. Los valores medios de PL™ es de 24.19PL, PL™/m es 0.47PL y 340 Impactos por partido.

**Tabla 4.** *Variables de Carga Externa. Variables Neuromusculares.*

| *A* | *G* | *PL* | *PL/m* | *Imp (n)* |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 23.65 | .46 | 419 |
| 2 | 1 | 19.06 | .37 | 197 |
| 1 | 2 | 28.56 | .56 | 576 |
| 2 | 2 | 25.48 | .50 | 170 |
| | Media | 24.19 | .47 | 340 |

*Nota: A=Árbitro; G=Partido; PL=Player Load; Imp=Impactos.*

En la tabla 5, se muestran los resultados de la prueba *U de Mann Whitney* de todas las variables, donde se observa que no existen diferencias significativas entre árbitros. Además, aparece detallada la media, la desviación típica, el intervalo de confianza, y los máximos y mínimos de cada variable para cada árbitro.

**Tabla 5.** *Resultados del análisis.*

| Variables | | A | *n* | *Media* | *SD* | *Máx.* | *Min* | *95% IC* | | *U* | *p* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | *I* | *S* | | |
| *Variables de Carga Interna* | | | | | | | | | | | |
| FCmáx | | 1 | 2 | 182. | 2.83 | 184 | 180 | 156.59 | 207.41 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 139.50 | 9.19 | 146 | 133 | 56.91 | 222.09 | | |
| Zonas FC | 50-60% | 1 | 2 | | | | | | | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 13.15 | 10.89 | 20.85 | 5.45 | -84.69 | 110.99 | | |
| | 60-70% | 1 | 2 | | | | | | | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 67.27 | 8.80 | 73.49 | 61.05 | -11.76 | 146.30 | | |
| | 70-80% | 1 | 2 | 6.11 | 7.48 | 11.40 | .82 | -61.10 | 73.32 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 19.44 | 19.51 | 33.24 | 5.65 | -155.84 | 194.73 | | |
| | 80-90% | 1 | 2 | 56.70 | 23.04 | 72.99 | 40.41 | -150.28 | 263.68 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | .13 | .19 | .27 | .00 | -1.58 | 1.85 | | |
| | 90-95% | 1 | 2 | 23.87 | 16.01 | 35.20 | 12.55 | -120.02 | 167.77 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | | | | | | | | |
| | 95-200% | 1 | 2 | 13.31 | 14.50 | 23.57 | 3.06 | -116.99 | 143.62 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | | | | | | | | |
| *Variables Carga Externa-Cinemáticas* | | | | | | | | | | | |
| Acc. | | 1 | 2 | 2838.50 | 211.42 | 2988 | 2689 | 938.92 | 4738.08 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 1945.50 | 437.70 | 2255 | 1636 | -1987.07 | 5878.07 | | |
| Dec. | | 1 | 2 | 2630.50 | 243.95 | 2803 | 2458 | 438.68 | 4822.32 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 2099.50 | 30.41 | 2121 | 2078 | 1826.32 | 2372.68 | | |
| Acc. / Min. | | 1 | 2 | 54.98 | 4.53 | 58 | 52 | 14.25 | 95.70 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 37.71 | 8.77 | 44 | 32 | -41.14 | 116.55 | | |
| Dec. / Min. | | 1 | 2 | 50.95 | 5.13 | 55 | 47 | 4.83 | 97.07 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 40.65 | .26 | 41 | 40 | 38.29 | 43.00 | | |
| Vel. / Máx. | | 1 | 2 | 14.32 | 1.16 | 15.14 | 13.50 | 3.90 | 24.74 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 13.34 | .32 | 13.57 | 13.11 | 10.42 | 16.26 | | |
| Vel. / Med. | | 1 | 2 | 2.48 | .13 | 2.58 | 2.39 | 1.28 | 3.69 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 2.38 | .26 | 2.57 | 2.20 | .03 | 4.73 | | |
| Pasos | | 1 | 2 | 2194 | 393,15 | 2472 | 1916 | -1338.32 | 5726.32 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 1495.50 | 482.95 | 1837 | 1154 | -2843.67 | 5834.67 | | |
| Pasos / Min. | | 1 | 2 | 42.51 | 7.95 | 48 | 37 | -28.90 | 113.92 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 29.00 | 9.58 | 36 | 22 | -57.09 | 115.08 | | |
| Distancia | | 1 | 2 | 3989.76 | 320.76 | 4217 | 3763 | 1107.80 | 6871.71 | 2.000 | 1.000 |
| | | 2 | 2 | 3880.59 | 755.14 | 4415 | 3347 | -2904.08 | 10665.25 | | |
| Distancia/min | | 1 | 2 | 77.23 | 5.59 | 81.19 | 73.28 | 26.98 | 127.49 | 2.000 | 1.000 |
| | | 2 | 2 | 75.21 | 15.23 | 85.98 | 64.44 | -61.63 | 212.05 | | |
| Distancia por Velocidad (km/h)(m) | 0-7 | 1 | 2 | 3809.77 | 441.16 | 4121.72 | 3497.83 | -153.86 | 7773.41 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 3626.77 | 658.22 | 4092.21 | 3161.34 | -2287.14 | 9540.69 | | |
| | 7-14 | 1 | 2 | 178.89 | 118.85 | 262.93 | 94.85 | -888.94 | 1246.72 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 253.81 | 96.92 | 322.34 | 185.28 | -616.95 | 1124.57 | | |
| | 14-21 | 1 | 2 | 1.09 | 1.54 | 2.18 | | -12.76 | 14.94 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | | | | | | | | |
| Distancia por Zonas (km/h)(%) | 0-7 | 1 | 2 | 95.35 | 3.39 | 97.75 | 92.95 | 64.85 | 125.84 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 95.58 | 1.24 | 94.46 | 92.70 | 82.40 | 104.76 | | |
| | 7-14 | 1 | 2 | 4.62 | 3.35 | 6.99 | 2.25 | -25.49 | 34.73 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 6.42 | 1.24 | 7.30 | 5.54 | -4.76 | 17.60 | | |
| | 14-21 | 1 | 2 | .03 | .42 | .06 | | -.35 | .41 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | | | | | | | | |
| *Variables Carga Externa-Neuromusculares* | | | | | | | | | | | |
| Impactos | | 1 | 2 | 497.50 | 111.02 | 576 | 419 | -499.94 | 1494.94 | .000 | .333 |
| | | 2 | 2 | 183.50 | 19.09 | 197 | 170 | 11.97 | 355.03 | | |
| Player Load | | 1 | 2 | 26.10 | 3.47 | 28.56 | 23.65 | -5.09 | 57.30 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | 22.27 | 4.54 | 25.48 | 19.06 | -18.52 | 63.06 | | |
| Player Load/min | | 1 | 2 | .51 | .07 | .56 | .46 | -.12 | 1.14 | 1.000 | .667 |
| | | 2 | 2 | .43 | .09 | .50 | .37 | -.39 | 1.26 | | |

*Nota: A=Árbitro; n=nº de intervenciones; SD=Desviación Típica; I=Índice Inferior; S=Índice Superior; U=U de Mann Whitney; p=Grado de significación.*

# Discusión

El objetivo del presente trabajo se centra en conocer las demandas de esfuerzo de un árbitro de Balonmano. Conocer y caracterizar las variables fisiológicas, cinemáticas y neuromusculares de los árbitros permiten establecer las exigencias de estos durante el desarrollo del juego, facilitando su intervención en el transcurso del partido (García-Santos & Ibáñez, 2016).

Atendiendo a los valores de carga interna definidos por la FC, se aprecia que la zona de FC con mayor porcentaje de tiempo (33.63%) durante un partido es el intervalo del 60-70% de la FCmáx, tal como expone Da Silva et al. (2010), quienes afirman que el porcentaje de FC gira alrededor del 68% de la FCmáx. Esto se explica porque existen numerosas situaciones de ataque posicional donde el árbitro se encuentra estático o andando. La siguiente zona más presente se encuentra entre el 80-90% de la FCmáx, con un 28.42% del tiempo, que puede asociarse a aquellas situaciones de transición o contraataque. Si lo comparamos con otros deportes semejantes en dimensiones de espacio y movimientos, se observa que un árbitro de baloncesto tiene un porcentaje mayor de FC, en torno al 81% ±13 de la FCmáx (Vaquera et al., 2014) o incluso superior al 85% de la FCmáx (Vaquera, Mielgo-Ayuso, Calleja-González & Leicht, 2016). Lo mismo sucede con los árbitros de fútbol sala, que tienen un porcentaje de FC del 76% ±6 de la FCmáx (Rebelo et al., 2011) o semejante a los de baloncesto 81% ±4 de la FCmáx (Dixon, 2014). Este porcentaje depende en gran medida de las características y categoría del partido.

Con respecto a las variables de carga externa (cinemáticas y neuromusculares), no se han encontrado estudios que reflejen datos fiables que puedan caracterizar las exigencias de un partido para un árbitro de balonmano. Los resultados encontrados en se pueden comparar con las exigencias mostradas en árbitros de otros deportes. Dentro de las variables cinemáticas se observa que la distancia recorrida en estos partidos oscila alrededor de los 3.900m, que es semejante a los metros recorridos por los árbitros de baloncesto 3907m ±848 (Nabli, Abdelkrim, Castagna, Jabri & Batikh, 2017). Mientras que los árbitros de fútbol sala recorren ~5900m (Rebelo et al., 2011). Respecto a la distancia recorrida en función de la velocidad, los resultados muestran que un árbitro de balonmano no suele sobrepasar los 14km/h, estando la mayor parte del tiempo en un intervalo entre 0-7km/h, y una velocidad media (Vmed) de 2.43km/h.

Otro aspecto a destacar para conocer el rendimiento de un deportista, y en este caso de los árbitros, es cuantificar el PL$^{TM}$. En este caso, se observa que un árbitro de balonmano presenta de media 24.19 PL en categorías de formación, mientras que en otros deportes como baloncesto, un árbitro llega alcanzar de media 46.25 PL partidos de competición internacional.

Por tanto, se puede determinar que las exigencias de un árbitro dependen en gran medida de las características del partido. En este caso, al ser una muestra limitada y un estudio piloto no existen diferencias significativas en ninguna de las variables comparadas entre ambos árbitros. Sería interesante seguir en esta línea de investigación en futuros trabajos, pues sería muy útil conocer las demandas de esfuerzo que soportan los árbitros durante la competición.

## Conclusiones

A partir de los resultados encontrados en esta investigación en base a los dispositivos utilizados y el protocolo determinado para la recogida de la información, se puede concluir que:

- El análisis de las variables de carga interna (Frecuencia Cardiaca) y de carga externa (cinemáticas y neuromusculares) caracteriza de forma objetiva las cargas de esfuerzo que soportan los árbitros de balonmano durante la competición.
- El uso de la tecnología permite establecer y caracterizar de manera objetiva las cargas y demandas del juego tanto a jugadores como a árbitros.
- No se encuentran diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas entre los dos árbitros, y al tratarse de una muestra específica y limitada en el número de participantes, las conclusiones sólo se pueden aplicar a esta muestra.
- Se trata de un diseño valido para ser aplicado con una muestra mayor y en otros contextos competitivos durante un periodo de tiempo prolongado.

## Aplicaciones prácticas

A partir de la investigación realizada se puede establecer que las exigencias de un árbitro dependen en gran medida de las características del deporte y del partido, por lo que sería muy útil seguir trabajando en esta línea para: 1) determinar las exigencias específicas de los árbitros de balonmano en las diferentes categorías, y 2) diseñar entrenamientos ajustados a las necesidades de cada árbitro.

### Agradecimientos y/o financiación

Trabajo desarrollado dentro del Grupo de Optimización del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo (G.O.E.R.D.) de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura.

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Ayuda a los Grupos de Investigación (GR15122) de la Junta de Extremadura (Consejería de Empleo e Infraestructuras); con la aportación de la Unión Europea a través de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

### REFERENCIAS

Anguera, M. T., & Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, *23*(1), 103-109.

Anshel, M. H., Sutarso, T., Ekmekci, R., & Saraswati, I. W. (2014). A model linking sources of stress to approach and avoidance coping styles of Turkish basketball referees. *Journal of Sports Sciences*, *32*(2), 116-128.

Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, *29*(3), 1038-1059.

Barreira, P., Robinson, M. A., Drust, B., Nedergaard, N., Raja Azidin, R. M. F., & Vanrenterghem, J. (2017). Mechanical Player Load™ using trunk-mounted accelerometry in football: Is it a reliable, task-and player-specific observation? *Journal of Sports Sciences*, *35*(17), 1674-1681.

Barret, S. (2016). *The utility of PlayerLoadTM in Soccer: An examination of the reliability, validity, determinants and the within match patterns* (Thesis doctoral). University of Hull, United Kingdom.

Bayer, C. (1986). *Enseignement des jeux sportifs collectives.* Paris: Editions Vigot Frères.

Borms, J. (2008). *Directory of Sport Science.* Berlin: Human Kinetics.

Cantón, E., Gistain, C., Checa, I., & León, E. (2011). Programa de mediación psicológica con árbitros de fútbol. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, *21*(2), 27-38.

Cormack, S. J., Mooney, M. G., Morgan, W., & McGuigan, M. R. (2013). Influence of neuromuscular fatigue on accelerometer load in elite Australian football players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(4), 373-378.

Costa, E. C., Vieira, C. M., Moreira, A., Ugrinowitsch, C., Castagna, C., & Aoki, M. S. (2013). Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *Journal of Sports Science and Medicine*, *12*(3), 559.

Da Silva, J. F., Castagna, C., Carminatti, L. J., Foza, V., Guglielmo, L. G. A., & de Oliveira, F. R. (2010). Physiological demands of team-handball referees during games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(7), 1960-1962.

Di Corrado, D., Pellarin, E., & Agostini, T. A. (2011). The phenomenon of social influence on the football pitch: Social pressure from the crowd on referees' decisions. *Review of Psychology, 18*(1), 33-36.

Dixon, D. (2014). A pilot study of the physiological demands of futsal referees engaged in international friendly matches. *American Journal of Sports Science and Medicine*, *2*(3), 103-107.

Dosseville, F., Laborde, S., & Raab, M. (2011). Contextual and personal motor experience effects in judo referees' decisions. *The Sport Psychologist, 25*(1), 67-81.

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Third Edition. Londres: SAGE.

García-Santos, D., & Ibáñez, S. J. (2016). Diseño y validación de un instrumento de observación para la valoración de un árbitro de baloncesto *(IOVAB). SporTK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte, 5*(2), 15-26.

García-Santos, D., Vaquera, A., Calleja-González, J., González-Espinosa, S., & Ibáñez, S. J. (2017). Estrés y técnica de arbitraje en baloncesto en función del género. *Revista de Psicología del Deporte*, *26*(3), 51-57.

Gómez-Carmona, C., & Pino-Ortega, J. (2016). Kinematic and physiological analysis of the performance of the referee football and its relationship with decision making. *Journal of Human Sport and Exercise*, *11*(4), 397-414.

Jaenes, J. C., Bohórquez, M. R., Caracuel, J. C., & López, A. M. (2012). Emotional state and stress situations in basketball referees. *Cuadernos de Psicología del Deporte, 12*(2), 17-24.

Louvet, B., Gaudreau, P., Menaut, A., Genty, J., & Deneuve, P. (2009). Revisiting the changing and stable properties of coping utilization using latent class growth analysis: A longitudinal investigation with soccer referees. *Psychology of Sport and Exercise, 10*, 124-135.

Matković, A., Rupčić, T., & Knjaz, D. (2014). Physiological load of referees during basketball games. *Kinesiology*, *46*(2), 258-265.

Myers, N. D., Feltz, D. L., Guillén, F., & Dithurbide, L. (2012). Development of, and initial validity evidence for, the Referee Self-Effcacy Scale: A multistudy report. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 34*(6), 737-765.

Nabli, M. A., Abdelkrim, N. B., Castagna, C., Jabri, I., & Batikh, T. (2017). Energy Demands and Metabolic Equivalents (METS) in U-19 Basketball Refereeing During Official Games. *Journal Sports Medicine Doping Studies*, *7*(190), 2161-0673.

O'Donoghue, P. (2010). *Research methods for sports performance analysis*. London: Routledge Taylor & Francis Group.

O'Hara, J. P., Brightmore, A., Till, K., Mitchell, I., Cummings, S., & Cooke, C. B. (2013). Evaluation of movement and physiological demands of rugby league referees using global positioning systems tracking. *International Journal of Sports Medicine*, *34*(09), 825-831.

Pedrosa García, I., & García-Cueto, E. (2015). Aspectos psicológicos en árbitros de élite. *Revista de Psicología del Deporte*, *24*(2), 241-248.

Pizzera, A., & Raab, M. (2012). Perceptual judgments of sports offcials are influenced by their motor and visual experience. *Journal of Applied Sport Psychology, 24*(1), 59-72.

Real Federación Española de Balonmano. (2016). *Reglas de Juego*. Aprobadas por la Real Federación Española de Balonmano. 1 de Julio de 2016.

Rebelo, A. N., Ascensão, A. A., Magalhães, J. F., Bischoff, R., Bendiksen, M., & Krustrup, P. (2011). Elite futsal refereeing: activity profile and physiological demands. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(4), 980-987.

Ruiz, A., Reina, R., Luis, V., Sabido, R., & Moreno, F. J. (2004). Estrategias de búsqueda visual elaboradas por árbitros de baloncesto con diferente nivel de experiencia. Un estudio de casos. *Cultura Ciencia Deporte, 1*(1), 32-37.

Schweizer, G., Plessner, H., & Brand, R. (2013). Establishing standards for basketball elite referees' decisions. *Journal of Applied Sport Psychology*, *25*(3), 370-375.

Slack, L. A., Maynard, I. W., Butt, J., & Olusoga, P. (2013). Factors Underpinning Football Officiating Excellence: Perceptions of English Premier League Referees. *Journal of Applied Sport Psychology, 25*(3), 298-315.

Vaquera, A., Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., & Leicht, A. (2016). Sex differences in cardiovascular demands of refereeing during international basketball competition. *Physical Sports Medicine, 44*(2), 164-169.

Vaquera, A., Renfree, A., Thomas, G., St Clair Gibson, A., & Calleja-González, J. (2014). Heart Rate Responses of Referees During the 2011 Eurobasket Championship. *Journal of Human Sport and Exercise, 9*(1), 43-48.

***Referencia del artículo:***

García-Santos, D., Gamonales, J.M., León, K., Mancha, D., & Muñoz, J. (2017). Un estudio de casos: caracterización de las demandas fisiológicas, cinemáticas y neuromusculares de un árbitro de balonmano durante la competición. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte 13*(3), 207-216.
http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index