




DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA BATERÍA DE PRUEBAS DE CAMPO PARA LA VALORACIÓN DEL PERFIL MULTI-UBICACIÓN DE CARGA EXTERNA EN DEPORTES DE INVASIÓN

Design and validity of a field test battery for assessing multi-location external load profile in invasion team sports

Carlos David Gómez-Carmona ¹ * , José Pino-Ortega ² , Sergio José Ibáñez ¹ * 

¹ Universidad de Extremadura, España; ² Universidad de Murcia, España.

* Correspondence: cdgomezcarmona@unex.es; sibanez@unex.es

Recibido: 17/12/2019; Aceptado: 22/01/2019; Publicado: 31/01/2020

Resumen

En la actualidad, existe un creciente interés en la evaluación de la carga externa mediante dispositivos inerciales en deportes de invasión. La monitorización se ha estado realizando en una única ubicación anatómica en función de las especificaciones del fabricante. El reto surge cuando la medición en una única ubicación no detecta la carga global del cuerpo y una evaluación en diferentes ubicaciones es requerida para evaluar de forma precisa la carga externa soportada por el deportista. Por tanto, el objetivo del presente estudio es el diseño y validación de una batería de pruebas de campo para la evaluación de carga interna y externa multi-ubicación en relación con los desplazamientos en deportes de invasión. La evaluación está compuesta por un total de cinco pruebas que evalúan las siguientes capacidades/habilidades: (a) aeróbica, desplazamiento lineal; (b) capacidad anaeróbica láctica, aceleración y desaceleración, (c) capacidad anaeróbica aláctica, desplazamiento curvilíneo (d) capacidad elástica, salto, (e) capacidad física condicional, juegos reducidos modificados. Por ello, la evaluación mediante la batería propuesta aportará al cuerpo técnico una visión global y multi-ubicación de la condición física individualizada del deportista.

Palabras clave: Deportes de invasión; carga neuromuscular; evaluación; impactos.

Abstract

Currently, it exists a study increase related to the external load assessment through inertial devices in invasion team sports. The monitoring is has been performing in one anatomical location depending of the manufacturer recommendations. The challenge arises when the single location measurement does not detect the total load of the body and a multi-location assessment is required to accurately evaluate the athlete's body workload. Therefore, the purpose of the present study is to design and validate a field-test battery for external multi-location workload assessment in the most common displacements in invasion team sports. Five tests composed the battery that evaluate the following capacities/abilities: (a) aerobic, linear displacement; (b) lactic anaerobic capacity, acceleration and deceleration, (c) non-lactic anaerobic capacity, curvilinear displacement (d) elastic capacity, jump, (e) conditional physical capacity, small-sided games. Therefore, using this group of tests will provide the team staff with a global overview and an individualized multi-location workload profile of the athlete.

Keyword: Invasion sports; neuromuscular load; assessment; impacts.


Fuentes de Financiación / Funding: Este estudio ha sido parcialmente financiado por las Ayudas a los Grupos de Investigación (GR18170) de la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructura), con la participación de la Unión Europea a partir del Fondo Europeo de Desarrollo Regional / This study has been partially subsidized by the Aid for Research Groups (GR18170) from the Regional Government of Extremadura (Department of Economy and Infrastructure), with a contribution from the European Union from the European Funds for Regional Development.

Agradecimientos / Acknowledgments: Los autores agradecen la labor realizada voluntariamente por los jueces expertos en la evaluación de la presente batería de pruebas / The authors appreciate the work done voluntarily by the expert judges in the evaluation of this test battery.

Conflicto de intereses / Conflicts of Interest: Los autores no declaran conflicto de intereses / The authors declare no conflict of interest

Citación / Citation: Gómez-Carmona, C. D., Pino-Ortega, J., & Ibáñez, S. J. (2020). Design and validity of a field test battery for assessing multi-location external load profile in invasion team sports. *E-balonmano.com Journal Sports Science*, 16(1), 23-48.

Sección / Section: Análisis del rendimiento deportivo / Performance analysis in sport

Editor de Sección / Edited by: Sebastián Feu, Universidad de Extremadura, España 

Introducción

Los deportes formales son clasificados en diferentes categorías: deportes de red y pared, deportes de golpeo y depósito, y deportes de invasión (Read y Edwards, 1992). Los deportes de invasión, los cuales se dividen en deportes de porterías de lanzamiento (ej. baloncesto, balonmano), deportes de intento de anotación (e.j. rugby, fútbol americano) y deportes de portería de golpeo (ej. fútbol, hockey) se caracterizan por presentar esfuerzos intermitentes de alta intensidad (Stølen et al., 2005). En estas modalidades deportivas, acciones explosivas como cambios de dirección, aceleraciones y deceleraciones, y acciones técnicas específicas dependientes de la vía anaeróbica, se realizan en repetidas ocasiones con recuperaciones incompletas, siendo determinantes en el rendimiento deportivo (Chaouachi et al., 2012; Stojanović et al., 2018; Wagner et al., 2014). Además, estos desplazamientos y habilidades son dinámicos e impredecibles durante el partido, siendo su duración e intensidad variables a lo largo de la competición (Bloomfield et al., 2007). Para su cuantificación de forma objetiva, se necesitan instrumentos capaces de detectar la carga acumulada y los diferentes eventos y/o acciones deportivas.

El desarrollo de la acelerometría ofrece un nuevo método de cuantificación de las cargas (Cummins et al., 2013; Gómez-Carmona, Pino-Ortega, et al., 2019). Recientemente se han desarrollado nuevos dispositivos que integran múltiples sensores en la misma unidad (acelerómetro, giróscopo, magnetómetro, GPS, etc.), conocidos como unidades inerciales de movimiento que permiten cuantificar la carga de entrenamiento (Wu et al., 2007). Sin embargo, son necesarios estudios para evaluar la precisión de la medida, que permita una correcta cuantificación. Por tanto, la fiabilidad y validez de los acelerómetros que componen los dispositivos inerciales han sido analizadas previamente para la cuantificación de la carga externa tanto en análisis notacional (impactos, saltos, etc.) (Hulin et al., 2017), como en análisis tiempo-movimiento (Player Load, fuerza de reacción contra el suelo, etc.) (Raper et al., 2017). La variable PlayerLoad™ ha sido la más estudiada para la cuantificación de la carga, obteniendo buenos valores de fiabilidad y validez respecto a variables de carga interna (Barrett et al., 2014) y carga externa (Lovell et al., 2013).

Para una correcta cuantificación, es importante la ubicación del dispositivo inercial. En la literatura es aceptado que el centro de masas (COM) es una localización válida para detectar movimiento de cuerpo completo. Barrett et al., (2014) demostraron que la fiabilidad y validez mejoraba cuando la localización del dispositivo se encontraba en COM respecto a la línea interescapular. Sin embargo, en deportes de equipo, la línea interescapular es admitida como la mejor ubicación para la recepción de la señal de los sistemas de posicionamiento global (GPS) (Akenhead y Nassis, 2016). Recientes investigaciones identifican que los acelerómetros únicamente miden la aceleración del segmento al que están fijados, debido a la complejidad del movimiento multi-segmentos durante las acciones deportivas (Nedergaard et al., 2017). En este sentido, Zhang et al., (2016) sugieren que ubicar el dispositivo en el maléolo lateral es la localización más válida para detectar la fuerza de reacción contra el suelo.

Hasta donde se conoce, existe un déficit en la evaluación del perfil multi-ubicación de la carga externa (PMUCE), tanto en condiciones de laboratorio como en test específicos de campo, no existiendo una individualización en función de la modalidad deportiva (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, García-Rubio, Ibáñez, y Pino-Ortega, 2019). Además, el estudio de la carga externa en diferentes puntos articulares de forma simultánea en el tiempo (tobillo, rodilla, zona lumbar y línea inter-escapular) permitirá conocer las dinámicas de absorción de la carga externa que soporta las estructuras musculoesqueléticas del deportista y poder realizar un análisis detallado en función de la ubicación corporal y la lateralidad del sujeto, lo cual no ha sido estudiado en profundidad (Gómez-Carmona et al., 2019; Nedergaard et al., 2017; Rojas-Valverde, Sánchez-Ureña, et al., 2019). Actualmente, no existe ninguna aproximación de este fenómeno en los deportes de invasión, por lo que se presenta un gran campo de actuación siendo necesaria su investigación.

Para su evaluación, es necesario identificar previamente en la literatura científica las diferentes acciones específicas que más se reproducen en los deportes de invasión (Chaouachi et al., 2012; Stojanović et al., 2018; Wagner et al., 2014), entre las que se encuentran el desplazamiento lineal, desplazamiento curvilíneo, cambios de velocidad, acciones de salto y acciones técnico-tácticas específicas de cada modalidad deportiva, para a partir de las mismas, seleccionar, modificar o diseñar pruebas específicas para la evaluación del rendimiento.

Para seleccionar estas pruebas de forma objetiva, es necesario que las mismas pasen un proceso de validez a partir de una valoración cuantitativa y cualitativa mediante el procedimiento de jueces expertos. Estos jueces expertos deben ser personas que den una opinión informada y habrán de tener una amplia trayectoria profesional y académica en el tema de estudios (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008). Esta debe ser realizada por diez o más sujetos para ofrecer una estimación aceptable para la validez de contenido de una herramienta o instrumento de evaluación (Wiersma, 2001).

Por tanto, debido a que no existe un conjunto de test específicos válido para la medición de la carga externa en diferentes puntos articulares de forma simultánea durante los desplazamientos específicos en modalidades deportivas de invasión que puedan llevarse a la práctica en el espacio específico de juego, los objetivos de la presente investigación son diseñar una batería de test de campo para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa en deportes de invasión y analizar la validez de contenido de dicha batería de pruebas mediante el procedimiento de jueces expertos.

Método

Diseño

El diseño de la presente investigación se encuadra dentro de los estudios instrumentales, pues trata de proponer, desarrollar y validar una batería de test específicos para evaluar el perfil multi-ubicación de carga externa en deportes de equipo de invasión (Ato et al., 2013). Por tanto, en primer lugar es una propuesta sobre una batería de pruebas para evaluar la condición física, los tipos de desplazamientos y capacidades físicas de los jugadores que debe reunir los siguientes requisitos: i) posibilidad de realización en el lugar de entrenamiento; ii) evaluación de los diferentes tipos de desplazamientos/capacidades que se realizan durante la competición, iii) utilizar las marcaciones realizadas en el terreno de juego, iv) específicos de los deportes de invasión analizados. Para su creación es necesario la realización de un proceso de validación del mismo, a través de la utilización de un comité de jueces expertos específico en el ámbito de evaluación para que el análisis sea correcto (García-Martín et al., 2016; Ibáñez et al., 2019).

Propuesta de batería de test para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa

Se propuso una batería específica para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa, la cual estaba formada por una agrupación de pruebas que analizan las diferentes capacidades y habilidades que se realizan en competición en diferentes deportes de invasión, siendo las dimensiones y distribución táctica individualizadas en función de la modalidad deportiva (fútbol, baloncesto y balonmano). Las pruebas propuestas fueron: (a) capacidad aeróbica, desplazamiento lineal, Yo-Yo test; (b) capacidad anaeróbica aláctica, desplazamiento curvilíneo, semicírculo central (fútbol), arco 6.75 m. (baloncesto), línea de golpe franco (balonmano); (c) capacidad anaeróbica láctica, cambios de velocidad, test de habilidad de esprint repetidos con distancias de 33.5 m. (fútbol), 16.25 m. (baloncesto), 22 m. (balonmano); (d) capacidad física condicional, habilidades técnico-tácticas, juegos reducidos de 5 vs 5 + portero (fútbol), 3 vs 3 (baloncesto) y 3 vs 3 + portero (balonmano); y (e) capacidad elástica, salto, test Abalakov.

Propuesta de evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa

La principal innovación de la aplicación de la presente batería es la valoración multi-ubicación de la carga externa mediante dispositivos inerciales. Los dispositivos inerciales están compuestos por sistemas-micro-electro-mecánicos (MEMS) con sensores como acelerómetros, giróscopos y magnetómetros utilizados para la cuantificación de la carga neuromuscular en deportes individuales y colectivos (Wu et al., 2007). Además de los sensores MEMS, también están compuestos de receptores de localización mediante sistemas de navegación por satélite (GNSS) y sistemas de posicionamiento local (LPS) para el análisis tiempo-movimiento, además de diferentes tecnologías de comunicación inalámbricas como Bluetooth, Wi-Fi o Ant+ para añadir otros sensores externos al dispositivo tanto para la evaluación de carga interna y externa, y la posibilidad de visualizar los datos de rendimiento del deportista en tiempo real durante la práctica (Cummins et al., 2013; Rojas-Valverde, Gómez-Carmona, et al., 2019).

El sensor principal a utilizar durante las evaluaciones será el acelerómetro, el cual detecta el movimiento del atleta en relación a la fuerza de la gravedad (Neville et al., 2010). Para la evaluación, en primer lugar, es recomendable seguir los protocolos de calibración requeridos por el fabricante. Casi todos los dispositivos tienen en común los siguientes tres criterios: (1) dejar el dispositivo sobre una superficie plana, (2) dejar el dispositivo estático durante 30 segundos, y (3) sin dispositivos electromagnéticos a su alrededor (Gómez-Carmona et al., 2019). Antes de la realización del registro, será necesario tener en cuenta algunos aspectos que pueden influir en la medición como: (1) realizar una calibración manual para asegurar que el dispositivo estático presenta un valor de 1.00 ± 0.01 G en la suma vectorial de los tres ejes del acelerómetro según recomendación de los fabricantes (Nichols et al., 1999), (2) configurar el dispositivo con una frecuencia de muestreo mínima de 100 Hz, la cual ha sido considerada como recomendable para la medición de carga externa en deporte (Camomilla et al., 2018) y (3) que el dispositivo adquiera la temperatura óptima de funcionamiento (Bereska et al., 2016), para lo que es necesario su encendido un mínimo de 30 minutos antes del inicio del registro.

La evaluación se realizará en seis ubicaciones anatómicas de forma simultánea: (i) espalda (línea inter-escapular) (Barrett et al., 2014), (ii) zona lumbar (L3, centro de masas) (Gómez-Carmona et al., 2019), (iii) rodilla (a 3 cm de la grieta de la rótula en sentido ascendente) (Takeda et al., 2009) y (iv) tobillo (a 3 cm del maléolo lateral en sentido ascendente) (Klassen et al., 2016). Tanto en rodilla como en tobillo se colocarán en la parte externa de ambas piernas en todos los sujetos. El peso de los dispositivos oscila entre 70-90 gramos según el fabricante, por lo que en total el deportista portará aproximadamente 500 gramos en relación con los seis dispositivos para la evaluación.

Debido al uso de seis dispositivos inerciales de forma simultánea será necesario un proceso de sincronización para que los datos se encuentren en la misma línea temporal, y por consiguiente los datos de los seis dispositivos puedan compararse durante la misma acción conjunta durante el movimiento. Para este hecho, se debe realizar una sincronización manual basándonos en la señal del sensor giróscopo, la cual consta de los siguientes pasos y con la que conseguiremos una precisión de 0.001 segundos en la vinculación:

1. Los dispositivos serán encendidos y calibrados siguiendo las recomendaciones del fabricante y la del funcionamiento de los sensores comentadas previamente.
2. Se iniciará la grabación de la sesión en los dispositivos y se ubicarán en una caja hermética.
3. Los dispositivos serán girados en el mismo eje (eje y) durante 10 segundos.
4. Los dispositivos serán ubicados en los deportistas y se comenzará con el registro de las pruebas de evaluación.
5. Al finalizar la evaluación, los dispositivos serán retirados de los deportistas, se finalizará de grabar la sesión y se descargarán cada uno de los archivos a una memoria externa o al propio ordenador.
6. Los 6 dispositivos de cada sujeto se importarán en el software específico del fabricante, abriendo en cada uno de ellos el canal del giróscopo del eje y.
7. Uno de los dispositivos será utilizado como referencia y se marcará el paso de velocidad angular positiva a negativa al final del primer giro.
8. Posteriormente, se desvinculará la temporalidad del resto de dispositivos y se marcará el mismo paso de positivo a negativo en cada uno de ellos.
9. Finalmente, se procederá a la sincronización de todos los dispositivos y se deberá comprobar que todos los dispositivos realizan el paso de velocidad angular positiva a negativa en el mismo punto temporal.

Para la adhesión de los dispositivos en el deportista puede realizarse mediante dos propuestas, en función de los recursos disponibles: (1) colocación individual de los dispositivos y (2) mono integral. La anexión de los dispositivos de forma individual se realizará: (i) espalda, mediante un arnés específico ajustado anatómicamente al sujeto (30 gr.) y (ii) L3, tobillo y rodilla, mediante una banda extensible ajustable (25 gr.) (Figura 1a). En cambio, mediante el mono integral este estará diseñado en una sola pieza (150-200 gr.), con dos partes diferenciadas (Figura 1b):

1. **Parte superior:** Realizada en tejido transpirable y que se ajusta anatómicamente al sujeto, con dos bolsillos interiores para anexionar los dispositivos de línea inter-escapular y centro de masas, además de una banda extensible sobre la región lumbar para fijar de forma más segura el dispositivo.
2. **Parte inferior:** Realizado en licra fina y que se adapta anatómicamente al deportista. Contiene cuatro bolsillos exteriores con bandas extensibles para ubicar y sujetar los dispositivos inerciales en tobillos y rodillas.

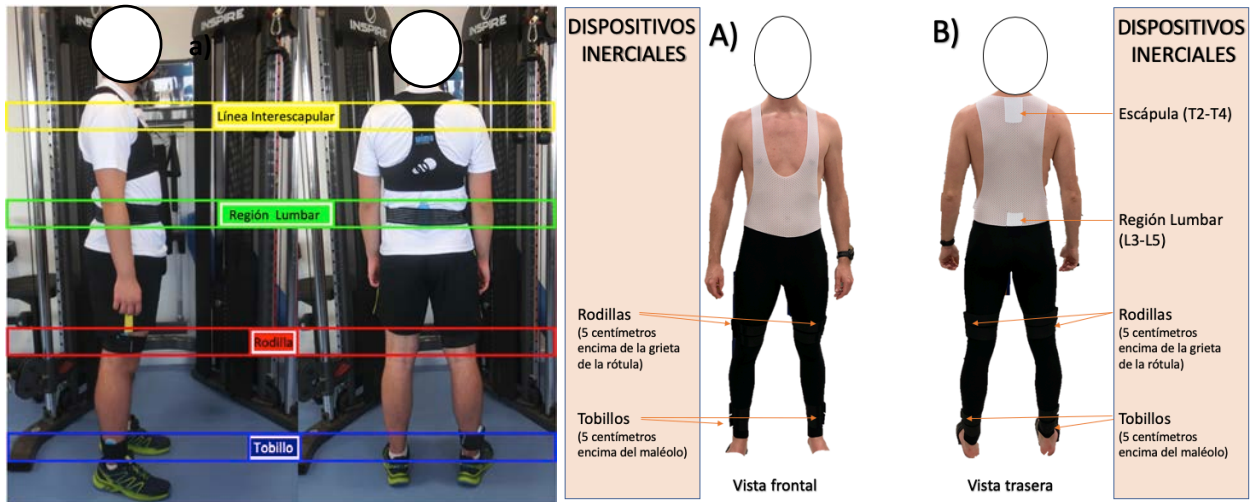


Figura 1: Ubicación de los dispositivos (a) forma individual y (b) mediante mono integral.

Participantes

En el presente estudio de validación participaron nueve jueces expertos. La selección de la muestra fue deliberada e intencional (Ato et al., 2013) debido a que se buscaron sujetos capaces de evaluar de forma objetiva y realizar valoraciones que pueden provocar reflexiones y servir de ayuda al investigador (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008). Por ello, los criterios de inclusión para participar como experto en la presente investigación fueron cinco, de los cuales se debían poseer un mínimo de cuatro: (i) Doctor Universitario en Ciencias del Deporte o Educación Física; (ii) Poseer titulación federativa/académica de una modalidad deportiva de invasión; (iii) Tener más de 10 años de experiencia como docente universitario en una modalidad deportiva de invasión; (iv) Tener más de 10 años de experiencia como entrenador o preparador físico de una modalidad deportiva de invasión; y (v) Poseer publicaciones científicas en el ámbito del rendimiento deportivo en deportes de invasión.

En la tabla 1 se muestra los criterios de inclusión que cumple cada uno de los sujetos expertos en deportes de invasión pertenecientes a la muestra.

Tabla 1. Características de los participantes seleccionados como jueces expertos para la evaluación de la batería de test.

Sujetos	Criterios de Selección				
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
1	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓		✓
3	✓	✓		✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓		✓
6	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓		✓
8	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓

Validez de contenido

La validez de contenido es definida como el grado en el que los ítems seleccionados representan adecuadamente al instrumento objeto de medición (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008). Para lograr un nivel óptimo de validez de contenido se empleó la técnica de valoración de jueces expertos (Wiersma, 2001). Los jueces expertos valoraron los apartados de adecuación, elaboración e importancia de cada una de las tareas que conforman ambos programas de

intervención a través de una escala cuantitativa de tipo *Likert* de 1 a 10. Además, se requirió a los jueces expertos que realizaran valoraciones cualitativas sobre cada una de las tareas.

- *Grado de Pertinencia.* Valoración cuantitativa emitida por cada experto para conocer la adecuación de cada test incluido en la batería.
- *Grado de Univocidad.* Cada experto valoró cuantitativamente la elaboración y redacción de las pruebas que componen la batería.
- *Grado de Importancia.* Valoración de la relevancia de la realización de la prueba dentro de la batería.
- *Grado de Valoración Cualitativa.* Se recogieron las propuestas emitidas por los jueces expertos de cada prueba con el fin de mejorarse.

Procedimiento

En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica sobre la literatura científica existente en relación con las diferentes pruebas de rendimiento para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa en deportes de invasión. Tras el diseño del borrador, se establecieron los criterios de inclusión que debían cumplir los sujetos que conforman el panel de expertos. Tras la selección de jueces expertos se les envió por correo electrónico una encuesta diseñada en formularios de Google para la validación de la batería de pruebas. La encuesta constaba de una presentación, desarrollo de las diferentes pruebas e ítems para la evaluación de cada una de ellas donde tenían que valorar el grado de adecuación, elaboración e importancia, así como realizar valoraciones cualitativas que permitieran la mejora de las mismas. En dichos documentos se informaba a los jueces expertos del objetivo de la evaluación y distribución de las pruebas a lo largo de la sesión.

Posteriormente, se procedió a la recogida de las valoraciones aportadas por el panel de expertos y al análisis de las mismas, siendo necesario realizar dos rondas de evaluación. Tras analizar los resultados obtenidos en la primera ronda de evaluación, se mantuvieron las pruebas que alcanzaron una puntuación óptima, se mejoraron las pruebas que los resultados así lo demandaban según las sugerencias aportadas por los jueces expertos y por último, se reelaboraron aquellas pruebas que no obtuvieron una puntuación adecuada tras el cálculo de validez de contenido (Ortega et al., 2008). Estas últimas fueron enviadas al panel de expertos para ser valoradas nuevamente de forma cuantitativa y cualitativa en una segunda ronda de evaluación. Finalmente, la batería para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa quedó definida.

Análisis de datos

La validación de los programas de intervención a partir de las valoraciones de los jueces expertos se calculó mediante el índice de validez de contenido, denominado coeficiente de *V de Aiken* (Aiken, 1985). Dicho coeficiente permite cuantificar la relevancia de un ítem de acuerdo con la opinión de un grupo de jueces expertos. Para el cálculo del coeficiente de *V de Aiken* se empleó la ecuación algebraica modificada por Penfield & Giacobbi (2004), donde \bar{X} es la media de calificaciones de los jueces en la muestra, l es la calificación más baja posible, y k es el rango de los valores posibles de la escala Likert utilizada.

$$V = \frac{\bar{X} - l}{k}$$

La estimación de los intervalos de confianza al 95% y al 99% para el coeficiente *V de Aiken* usará el método *score* (Penfield y Giacobbi, 2004). Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones para calcular el límite inferior y superior del intervalo donde L es el límite inferior del intervalo, U es el límite superior del intervalo, Z es el valor en la distribución normal estándar (1.96 para 95%CI y 2.575 para 99%CI), V es el valor de la *V de Aiken* calculado por la fórmula anteriormente mencionada y n es el número de jueces.

$$L = \frac{2nkV + z^2 - z\sqrt{4nkV(1-V) + z^2}}{2(nk + z^2)}$$

$$U = \frac{2nkV + z^2 + z\sqrt{4nkV(1-V) + z^2}}{2(nk + z^2)}$$

Resultados

Validez de Contenido

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos tras el cálculo del coeficiente *V de Aiken* y sus intervalos de confianza al 95% y 99% de las pruebas que conforman la batería para la evaluación multi-ubicación de la carga externa. Los resultados muestran valores de *V* superiores a 0.84 en los tres apartados en cada una de las pruebas propuestas y superiores a 0.74 respecto al límite inferior al 99% del intervalo de confianza. Posteriormente, en la tabla 3 se muestran las valoraciones cualitativas emitidas por los jueces expertos para la mejora de la batería de evaluación.

Tabla 2. Resultados del coeficiente de *V de Aiken* e IC de las batería de pruebas para la evaluación del perfil multiarticular de carga externa.

Pruebas			Pertinencia					Univocidad					Importancia							
			M ±DE	99% IC		95% IC		M ±DE	99% IC		95% IC		M ±DE	99% IC		95% IC				
Capacidad	Desplazamiento/ Habilidad	Modalidad Deportiva	V	Inf	Sup	Inf	Sup	V	Inf	Sup	Inf	Sup	V	Inf	Sup	Inf	Sup			
Aeróbica	Lineal	Estándar	9.00 ±1.00	0.90	0.81	0.95	0.83	0.94	9.44 ±0.88	0.94	0.86	0.98	0.89	0.97	9.00 ±1.12	0.90	0.81	0.95	0.83	0.94
		Fútbol	8.67 ±1.73	0.87	0.77	0.93	0.79	0.92	9.22 ±1.20	0.92	0.83	0.97	0.86	0.96	8.89 ±1.69	0.89	0.79	0.94	0.82	0.93
Anaeróbica Aláctica	Curvilíneo	Baloncesto	8.56 ±1.94	0.86	0.75	0.92	0.78	0.91	9.33 ±1.12	0.93	0.85	0.97	0.87	0.97	9.00 ±1.66	0.90	0.81	0.95	0.83	0.94
		Balonmano	8.89 ±1.54	0.89	0.79	0.94	0.82	0.93	9.33 ±1.12	0.93	0.85	0.97	0.87	0.97	8.67 ±1.73	0.87	0.77	0.93	0.79	0.92
		Fútbol	8.78 ±1.72	0.88	0.78	0.94	0.81	0.92	9.22 ±0.97	0.92	0.83	0.97	0.86	0.96	8.67 ±1.80	0.87	0.77	0.93	0.79	0.92
Anaeróbica Láctica	Cambios de Velocidad	Baloncesto	8.89 ±1.69	0.89	0.79	0.94	0.82	0.93	9.22 ±0.97	0.92	0.83	0.97	0.86	0.96	8.44 ±1.81	0.84	0.74	0.91	0.77	0.90
		Balonmano	8.78 ±1.64	0.88	0.78	0.94	0.81	0.92	9.22 ±0.97	0.92	0.83	0.97	0.86	0.96	8.78 ±1.79	0.88	0.78	0.94	0.81	0.92
		Fútbol	9.11 ±1.36	0.91	0.82	0.96	0.85	0.95	9.00 ±1.66	0.90	0.81	0.95	0.83	0.94	8.89 ±1.62	0.89	0.79	0.94	0.82	0.93
Físico- Condicional	Técnico-Táctica	Baloncesto	9.00 ±1.32	0.90	0.81	0.95	0.83	0.94	9.00 ±1.66	0.90	0.81	0.95	0.83	0.94	9.11 ±1.69	0.91	0.82	0.96	0.85	0.95
		Balonmano	8.78 ±1.30	0.88	0.78	0.94	0.81	0.92	8.89 ±1.62	0.89	0.79	0.94	0.82	0.93	9.11 ±1.69	0.91	0.82	0.96	0.85	0.95
Elástica	Salto	Estándar	8.78 ±1.79	0.88	0.78	0.94	0.81	0.92	9.44 ±0.88	0.94	0.86	0.98	0.89	0.97	8.78 ±1.79	0.88	0.78	0.94	0.81	0.92

Nota. M: Promedio; DE: Desviación estándar; V: Valor de *V de Aiken*; IC: Intervalo de confianza; Inf: Límite inferior; Sup: Límite superior.

Tabla 3. Valoraciones cualitativas emitidas por los jueces expertos.

Prueba	Valoración cualitativa	Acción
Capacidad Aeróbica	Siendo una prueba válida, creo más específica el Test Intermitente 30-15 de Buchheit.	Siguiendo la sugerencia propuesta por el revisor, se eliminó la prueba Yo-Yo test y se incluyó el Test Intermitente 30-15 en las versiones específicas para fútbol-balonmano (40-20) y baloncesto (28-14).
Desplazamiento Lineal	La posibilidad de introducir desplazamientos ligeramente curvilíneos cada 2-3 largos así como cierta variedad en los distintos tipos de desplazamientos podría aumentar la adecuación respecto a las necesidades específicas en pista.	Debido a ser una prueba previamente validada, no se pueden incorporar modificaciones en su desarrollo, ya que las estimaciones de VO ₂ max y el rendimiento de la misma se verían afectados.
Capacidad Anaeróbica Aláctica	Explicar la posición de partida en la salida del sprint. En mi opinión, el desplazamiento a realizar después del cambio de dirección es demasiado largo si el objetivo principal es valorar la capacidad de cambiar de dirección.	Se incluyó la posición de partida en la salida del sprint para su estandarización. Debido a que el objetivo de la prueba es determinar la fuerza centrípeta generada en ambos sentidos de desplazamiento, se mantuvo el diseño inicial.
Desplazamiento Curvilíneo	De la misma manera que se ha expuesto en la prueba anterior, el hecho de introducir pequeñas trayectorias en zig-zag junto con cierta variedad en los distintos tipos de desplazamientos podría aumentar la especificidad.	
Capacidad Anaeróbica Láctica	Explicar la posición de partida en la salida del sprint. Teniendo en cuenta las exigencias del partido, al menos en fútbol, la distancia a recorrer se antoja excesiva.	Se incluyó la posición de partida en la salida del sprint para su estandarización. La distancia realizada en fútbol está adaptada a las exigencias que muestra la literatura científica para esfuerzos de máxima intensidad (>25 km/h).
Cambios de velocidad	Considerando que esta prueba está bien, ¿por qué no utilizar pruebas ya diseñadas y validadas previamente para valorar esta cualidad? ¿Por qué no denominar al test, en vez de "Cambios de Velocidad", RSA?	Se modificó la distancia de ejecución del protocolo de RSA original para adaptarse a cada modalidad deportiva a través de la consulta en publicaciones académicas recientes.
Capacidad Condicional	¿se aplica la regla de fuera de juego?, ¿se aplica la regla de tres segundos en la zona?, Desconozco como se evalúa... No se cuál es la medida (apto/no apto, 5-4...) que me de información sobre el test.	Estos aspectos se especificaron en la descripción de cada una de las pruebas. Se creó un apartado de evaluación específico de cada una de las pruebas para especificar cada uno de los criterios de valoración.
Habilidades Técnico-Tácticas	Dado que se trata de una situación de 3x3 en la zona central, y que en dicha situación es muy habitual la presencia de pivote, considero adecuado realizar esta prueba con 4x4 donde existan 3 primeras líneas y 1 segunda línea (pivote)	Siguiendo las recomendaciones del revisor se incluyó a un cuarto jugador en cada uno de los equipos para la existencia de primera y segunda línea, además de una mayor riqueza técnico-táctica.
Capacidad Elástica Salto	Si lo que se quiere evaluar es la capacidad elástica, me parece perfecto...Pero si se quiere evaluar la capacidad reactiva creo que no es adecuada	El término reactiva fue eliminado, debido a que no existe acción previa antes del salto durante la prueba propuesta de evaluación.

Propuesta definitiva de la Batería de Pruebas de Campo para la Evaluación del Perfil Multi-Ubicación de Carga Externa en Deportes de Invasión

Tras el proceso de validación realizado por los jueces expertos se diseñó la batería final de pruebas que se muestra en la Figura 2.

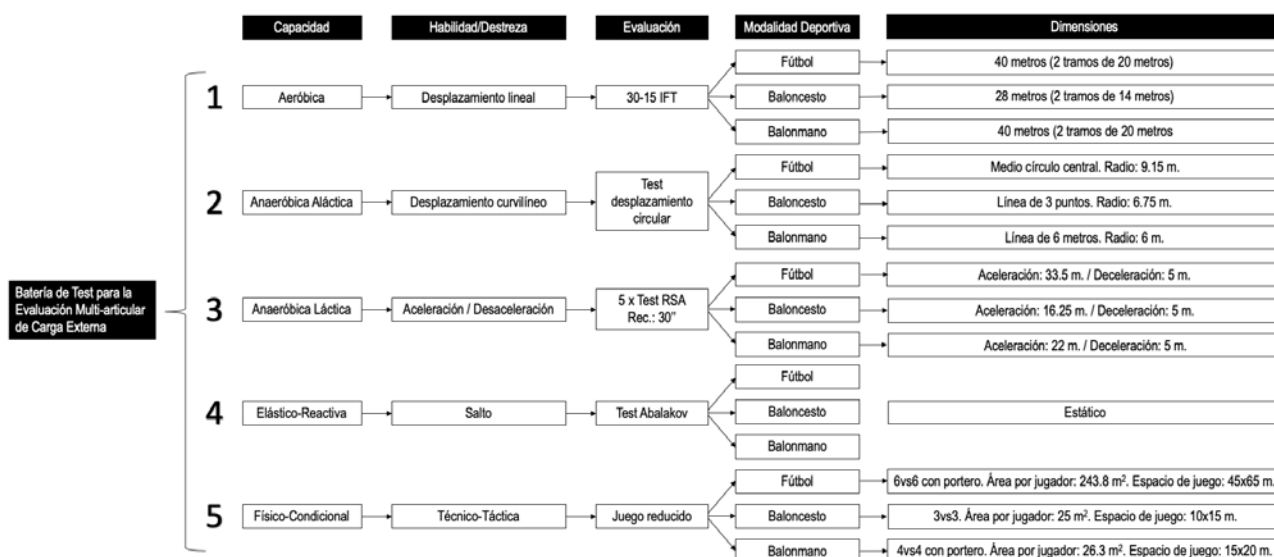


Figura 2. Pruebas que conforman la batería específica.

Protocolo de Actuación

La distribución temporal de las pruebas se muestra en la Tabla 4. La batería de pruebas para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa podrá realizarse en un día, con una duración aproximada de 1 hora y 30 minutos.

Tabla 4. Distribución temporal de las evaluaciones de las que se compone la batería.

Descripción	Duración
Calentamiento específico	20 minutos
Test de desplazamiento circular	5 minutos
Descanso activo	5 minutos
Test Abalakov	5 minutos
Descanso activo	5 minutos
Test RSA	15 minutos
Descanso activo	5 minutos
30-15 IFT	15 minutos
Descanso activo	5 minutos
Situación de juego reducida	10-15-22 minutos
Total	1 hora y 30 minutos

El orden de las pruebas será realizado en función de las demandas o vía energética que requiere cada protocolo (Billat, 2002): (a) capacidad anaeróbica aláctica, (b) fuerza elástica, (c) capacidad anaeróbica láctica, (d) capacidad aeróbica y (e) capacidad físico-condiciona. La secuencia de la realización de las pruebas fue elegida con el objetivo de minimizar el factor de la fatiga entre pruebas (Billat, 2002), excepto en la última capacidad evaluada (físico-condiciona) donde se evaluará con una fatiga previa simulando el efecto de la carga acumulada durante el partido de competición oficial.

Además de la evaluación de las capacidades mencionadas, es necesaria la evaluación de las características antropométricas y composición corporal del deportista con el objetivo de relacionarlo con el rendimiento en las pruebas, el perfil de carga interna y externa multi-ubicación e incluso para realizar un seguimiento de estas características y su evolución a lo largo de la temporada (Conte et al., 2018). Esta información puede ser utilizada para la individualización del entrenamiento, no sólo en función de su puesto específico y rol en el terreno de juego, sino también dentro de su puesto específico según sus características físicas específicas (Akenhead y Nassis, 2016; Torres-Unda et al., 2016; Wagner et al., 2014).

Previo a la realización de las pruebas, los deportistas serán informados de los objetivos de la investigación y de los beneficios y riesgos de su realización, además de realizar una sesión de familiarización para una correcta y máxima intensidad de ejecución durante las evaluaciones. Todos los protocolos seguirán los principios de ética de investigación de la Declaración de Helsinki (2013), siendo el procedimiento previamente evaluado por el Comité de Bioética de Investigación de la Universidad de Extremadura (Código 232/2019).

Previo a la realización de las valoraciones, se realizará un calentamiento específico para poder conseguir el máximo rendimiento del deportista en las evaluaciones. Este calentamiento nunca tendrá una duración superior a 20 minutos. En él se trabajarán los diferentes tipos de desplazamientos y capacidades físicas para preparar al deportista. La distribución del calentamiento estará compuesta de 10 minutos de actividad moderada, 5 minutos de estiramientos dinámicos y 3 minutos de actividad física suave preparatoria para el inicio de la evaluación (Zarić et al., 2018).

Evaluación de la Capacidad Aeróbica durante Desplazamiento Lineal

El desplazamiento lineal es la forma preferente de desplazamiento que realizan los jugadores durante los partidos de competición oficial. Además, la mayoría de los desplazamientos se comprenden entre los 6 y los 18 km/h (Stojanović et al., 2018; Stølen et al., 2005; Wagner et al., 2014). Por tanto, para obtener el perfil específico de cada deportista, independientemente de la modalidad deportiva realizada, se utiliza una prueba de evaluación estandarizada tanto en distancia como en velocidad denominada 30-15 IFT (Buchheit, 2008).

Diseño: En el terreno de juego se marca una línea recta de 40 (fútbol y balonmano) o 28 metros de largo (baloncesto). Posteriormente, se señalarán tres líneas con conos (Figura 3). Entre la línea A y B, y entre la línea B y C existirá una distancia de 20 o 14 metros según si la modalidad deportiva a evaluar es fútbol-balonmano o baloncesto. La línea A corresponde a la marca de inicio, la línea B corresponde a los 20-14 metros y la línea C a los 40-28 metros, siendo todas marcadas con el mismo color. Además, se añadirán 4 líneas adicionales con color diferente al de las anteriores, a una distancia de 3 metros de las mismas (zona de control).

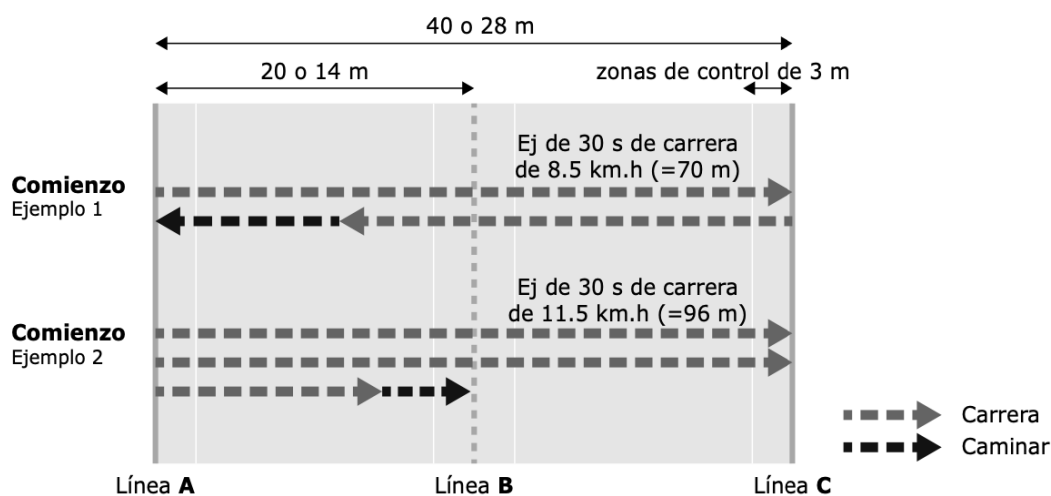


Figura 3. Diseño de la prueba 30-15 IFT (tomado de Buchheit et al. 2018).

Desarrollo y procedimiento: Todos los deportistas deberán situarse por detrás de la línea A o línea de inicio. Al primer sonido, los deportistas tienen que comenzar a correr hacia la línea B. Cuando se reproduzca el sonido, los deportistas tendrán que estar cerca de la zona marcada por la línea B (desde 3 metros antes de la línea B hasta la línea B) y en el siguiente sonido en la zona marcada por la línea C (desde 3 metros antes de la línea C hasta la línea C). Al llegar a la línea C, el deportista tiene que girar y volver hacia la línea A, por lo que en el siguiente sonido tiene que estar cerca de la línea B y así sucesivamente hasta finalizar la etapa de 30 segundos. Cuando se finaliza el periodo los atletas deberán caminar 15 segundos hasta la línea A, B o C más cercana en el sentido de desplazamiento. Si el atleta está sobre la línea permanecerá en ella hasta que comience la siguiente etapa. La prueba puede comenzar a 8 o 10 km/h, seleccionando el inicio a 8 km/h. En cada etapa la velocidad se incrementará en 0.5 km/h. La prueba se finaliza cuando el atleta este fatigado o cuando no pueda estar dentro de los 3 metros de cortesía cuando se reproduzca el sonido durante tres veces consecutivas. Para el control del ritmo de ejecución de la prueba y la personalización en cada una de las pruebas analizadas, se utilizará la aplicación 30-15 IFT disponible para Android e IOS (Buchheit, 2018).

Evaluación de la Capacidad Anaeróbica Láctica durante Cambios de Velocidad (Aceleración y Desaceleración)

Durante el juego en fútbol, se realizan una media entre 200 - 300 metros a muy alta intensidad (>25 km/h) distribuidos en un total de 27 a 35 sprints, los cuales representan entre 1-10% de la distancia total recorrida en los partidos de competición oficial (Bradley et al., 2010; Di Salvo et al., 2010). Estas acciones tienen una duración entre 2 y 4 segundos y son determinantes en el rendimiento en los deportes de equipo de invasión, y especialmente en el fútbol (Wisloff et al., 2004). En baloncesto, una reciente revisión indica una realización de 2 a 3 acciones por minuto a sprint (>25 km/h), con una duración por esfuerzo de 2 a 3 segundos y recorriendo una distancia entre 15 y 20 metros (Stojanović et al., 2018). En balonmano, las acciones realizadas a sprint (>24 km/h) suponen un total de 78±91 metros, un 2.2% de la distancia total y una duración de 12±11 segundos por partido, siendo la mayor parte de estos esfuerzos realizados por los extremos (Michalsik et al., 2012).

Para la evaluación de la capacidad de cambiar de velocidad se ha diseñado una prueba específica en función de la modalidad deportiva en la que se analizan las fases de aceleración y deceleración, estando esta última relacionada con el rendimiento en cambios de dirección (Chaouachi et al., 2012) y una mayor predisposición a lesión sin contacto por las rápidas contracciones excéntricas que aumentan la fatiga muscular (Ekstrand et al., 2011).

Diseño: En el terreno de juego se marcan tres referencias con conos, colocándose en función de cómo muestra la Figura 4. Entre el cono A y el cono B existirá una distancia específica según modalidad deportiva (Fútbol 33.5 metros, Baloncesto 16.25 metros y Balonmano 22 metros), la cual es equivalente a la distancia recorrida en desplazamiento lineal durante un contrataque. Mientras, entre el cono B y C existirá una distancia estándar de 5 metros. La zona comprendida entre los conos A y B se denominará zona de aceleración, mientras que la comprendida entre los conos B y C se denominará zona de frenado.

Desarrollo y Procedimiento: Para su evaluación, se realizarán 5 repeticiones de la prueba de cambios de velocidad a máxima intensidad, con una recuperación activa entre test de 30 segundos. Todas las repeticiones se realizarán en línea recta y en la misma dirección (desde la línea de inicio hacia la zona de frenado. La evaluación está dividida en 2 zonas: (a) zona de aceleración y (b) zona de frenado. El deportista parte tras la línea de salida e inicia la prueba cuando cruza las fotocélulas que dan inicio a la zona de aceleración. La posición de partida del deportista será con un pie adelantado respecto al otro y con el tronco orientado hacia uno de los laterales simulando la acción de pedir el balón y visualizando el campo de juego para ser receptor de posible pase en la acción de desmarque durante el contrataque. En la zona de aceleración el deportista deberá acelerar lo máximo posible hasta llegar a la zona de frenado. La última fase es el frenado por lo que cuando entre en esta zona, al cruzar las fotocélulas, debe detenerse en el menor tiempo posible. Cuando el deportista se detiene, debe permanecer estático durante 5 segundos.

Posteriormente, puede abandonar la prueba por la línea final y volver andando para realizar una recuperación activa de 30 segundos antes del inicio de la siguiente serie.

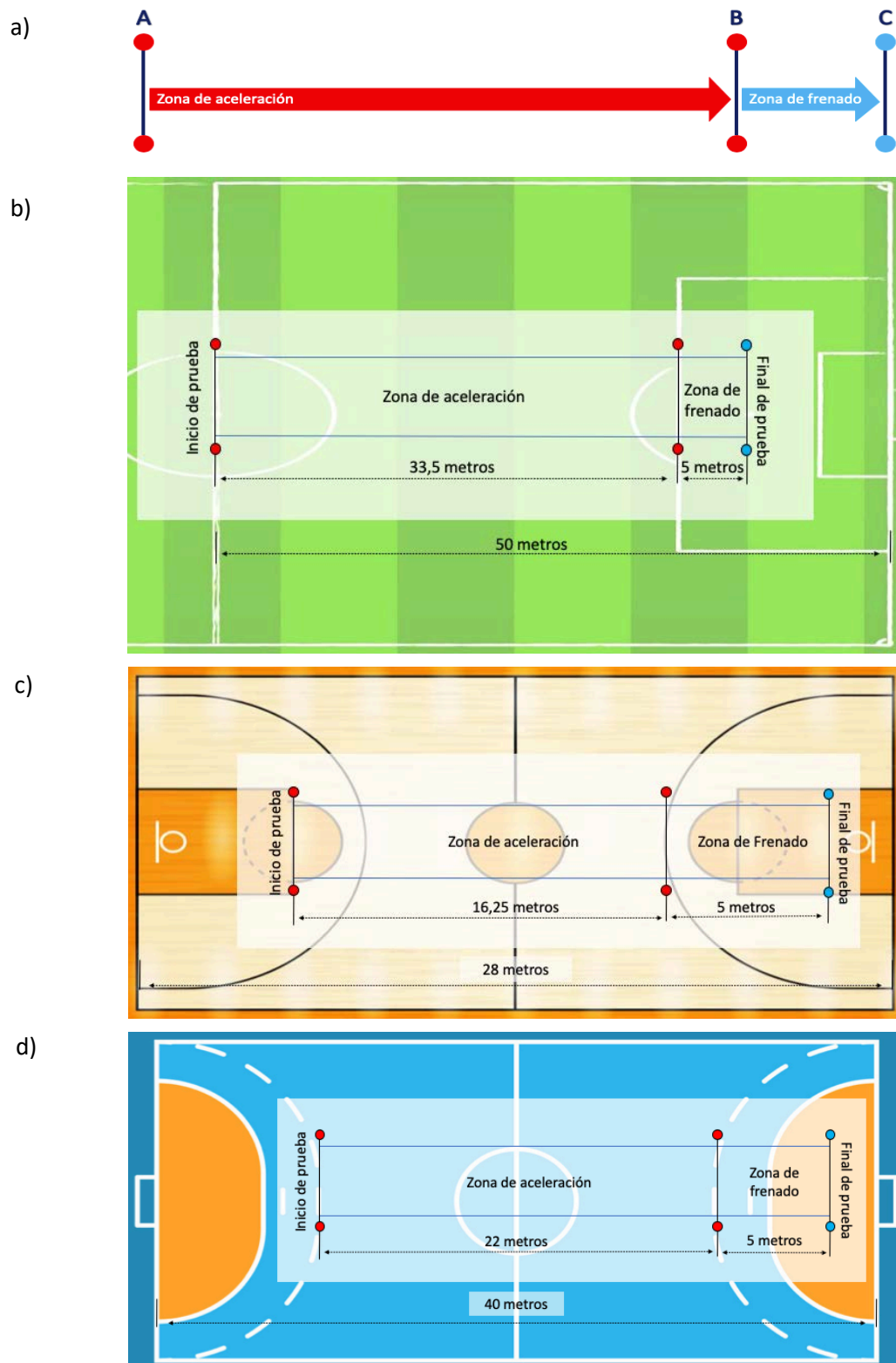


Figura 4. Diseño para la evaluación de la habilidad de esprint repetidos en la versión (a) global, (b) fútbol, (c) baloncesto, y (d) balonmano.

Evaluación de la Capacidad Anaeróbica Aláctica durante Desplazamiento Curvilíneo

Generalmente en el deporte y específicamente en los deportes de invasión en interior, los cambios de velocidad y de dirección se realizan de manera repetida en un gran número de ocasiones durante la competición (Sheppard y Young, 2006). Los cambios de dirección y la agilidad reactiva son dos componentes esenciales para una realización efectiva de las acciones específicas en la mayoría de deportes colectivos (Serpell et al., 2011).

La problemática actual es que las pruebas que se realizan para su evaluación tienen una gran parte de desplazamientos lineales, dependientes de la capacidad de aceleración y la velocidad del jugador, y no de la habilidad de cambiar de dirección o de generar fuerza en el desplazamiento circular (Nimphius et al., 2018). Por tanto, se propone la realización de test específicos para cada modalidad deportiva donde el 100% del desplazamiento es curvilíneo y donde se evalúa la fuerza centrípeta generada por el sujeto, siendo entendida esta como la fuerza o el componente de la fuerza que actúa en un objeto en movimiento sobre una trayectoria curvilínea que está dirigida hacia el centro de la curvatura (Resnick et al., 2002).

Diseño: El diseño de las pruebas en las diferentes modalidades deportivas dependerá de las líneas utilizadas para guiar el desplazamiento. En todos los deportes, se colocará un carril delimitado con conos un metro al exterior de la línea a emplear durante el desplazamiento. En fútbol se utilizará el círculo central con un radio de 9.15 m. (Figura 5a), en baloncesto la línea de 3 puntos con un radio de 6.75 metros (Figura 5b) y en balonmano la línea de 9 metros (Figura 5c).

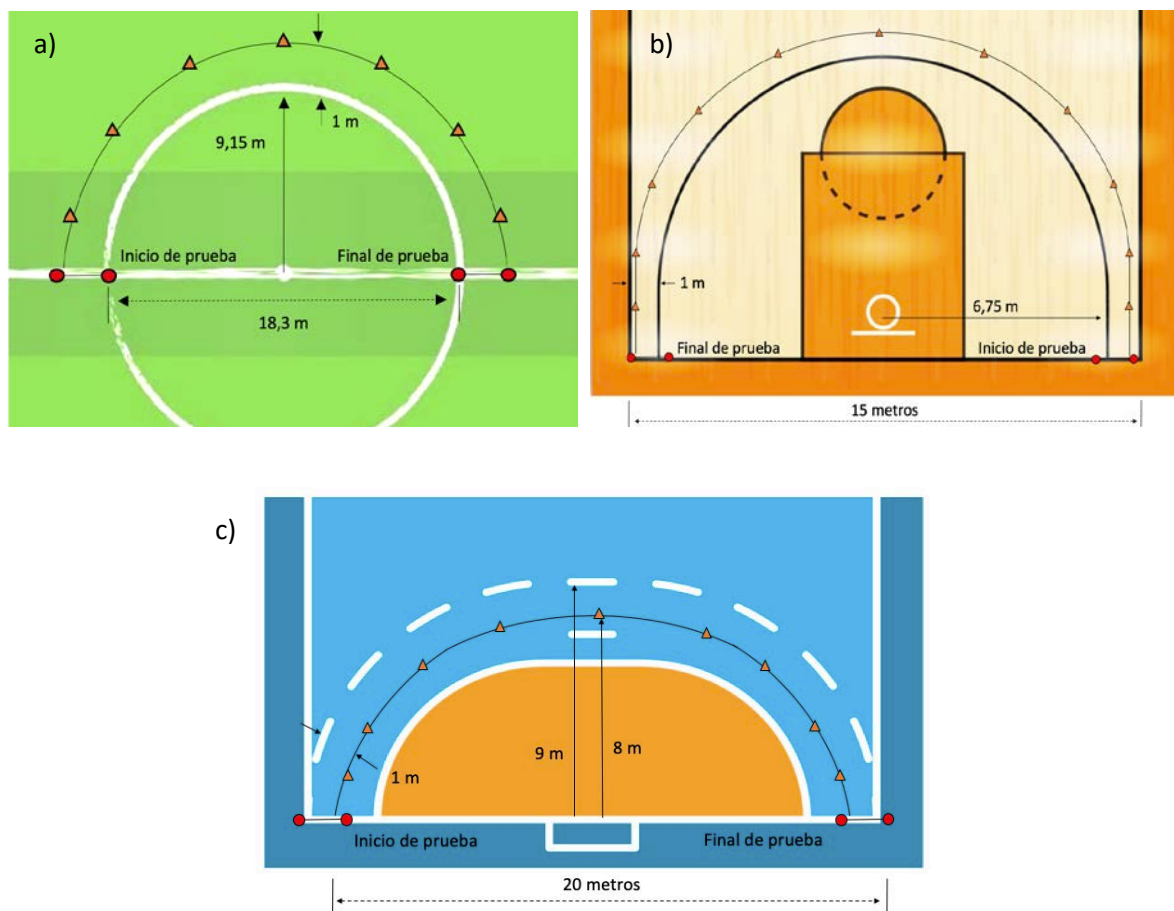


Figura 5. Diseño de los test para la valoración del desplazamiento curvilíneo en las modalidades deportivas de (a) fútbol, (b) baloncesto, y (c) balonmano.

Desarrollo y Procedimiento: En cada una de las pruebas, dependiendo de la modalidad deportiva, se realizarán cuatro repeticiones de la evaluación de desplazamientos curvilíneos a máxima intensidad, con una recuperación activa entre test de 1 minuto, siendo la mitad de los desplazamientos en cada sentido de giro. Todas las repeticiones se realizarán siguiendo el trayecto curvilíneo delimitado por conos (1 metros de ancho) y en la misma dirección (desde la línea de inicio hacia la línea de llegada). El deportista parte tras la línea de salida e inicia la prueba cuando cruza las fotocélulas que dan inicio a la zona de aceleración. En la zona de aceleración el deportista deberá acelerar a la máxima velocidad posible hasta llegar a la línea de llegada. Si el deportista tropieza o abandona la zona delimitada para realizar el recorrido repetirá la serie. Gracias a la realización de la prueba en ambos sentidos de giro, podremos detectar asimetrías en la ejecución en función de la lateralidad del jugador.

Evaluación de la Capacidad Física-CondicionaI durante Tareas basadas en el Juego en Espacios Reducidos

Dentro de los recursos metodológicos empleados uno de los más analizados han sido los juegos reducidos, conocidos como *small-sided games* (SSG). Los juegos reducidos (SSGs) son situaciones lúdico-deportivas en las que se respeta la estructura deportiva y en las que interactúan de forma conjunta todos los elementos del juego de una manera flexible (Parlebas, 2008).

Por ello, gran cantidad de investigadores y profesionales de los deportes de invasión utilizan como método de entrenamiento este tipo de situaciones motrices de forma habitual, eficaz e independientemente de la edad, sexo, experiencia previa en la práctica y nivel competitivo. Durante estos juegos, los jugadores experimentan situaciones semejantes a las que se van a encontrar durante la competición tanto en fútbol (Casamichana et al., 2013), baloncesto (Schelling y Torres, 2016) y balonmano (Belka et al., 2016). Por tanto, se utilizan con el fin de desarrollar la condición física, habilidades técnico-tácticas, y/o objetivos tácticos, estratégicos o psicológicos de forma integrada (Halouani et al., 2014).

La aplicación de estos juegos reducidos en deportes de equipo de invasión puede modificarse en función de diferentes parámetros como espacio del terreno de juego utilizado, número de jugadores, modificación de la reglamentación, presencia o ausencia de portero, influencia de las indicaciones del entrenador, duración de la actividad o densidad de la ejecución (relación entre actividad y pausas) (Halouani et al., 2014). Por tanto, para el diseño de cada una de las evaluaciones se respetó las características de la competición con el objetivo de conseguir la máxima representación de la situación de juego real, incluyendo la presencia de portero en fútbol y balonmano, manteniendo el área ocupada por jugador, no existiendo pausas durante la actividad y utilizando la reglamentación oficial de cada modalidad deportiva sin modificaciones (técnica y disciplinaria).

Diseño: Para la realización del diseño específico de cada juego reducido se tuvieron en cuenta los siguientes condicionantes: (1) deporte analizado, (2) dimensiones del terreno de juego, (3) número de jugadores y (4) reglamento del juego. Se tuvieron en cuenta tres criterios fundamentales para la selección del número de jugadores, espacio de juego y duración de la actividad: (1) mitad de jugadores de campo más 1 que en competición siguiendo la reglamentación de cada modalidad deportiva (excluyendo los porteros), (2) respetar el área por jugador en competición oficial y (3) realizar la actividad una cuarta parte del tiempo de juego total. En este sentido, según la modalidad deportiva, se obtuvieron los siguientes diseños que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Características de los juegos reducidos empleados en el presente estudio.

Deporte	Espacio de juego (Área total)	Área jugador	por	Número jugadores	de	Duración	Fig
Fútbol	45x65 (2925 m ²)	243,8 m ²		6vs6 + 1 portero		22.5'	6a
Baloncesto	10x15 (150 m ²)	25 m ²		3vs3		10'	6b
Balonmano	15x20 (300 m ²), excluyendo el área del portero (210 m ²)	26,3 m ²		4vs4 + 1 portero		15'	6c



Figura 6. Diseño de los juegos reducidos en función de la modalidad deportiva analizada (a) fútbol, (b) baloncesto y (c) balonmano.

Desarrollo y Procedimiento: El inicio del juego se realizará en función de la reglamentación, en fútbol y balonmano se realizará un sorteo para elegir el equipo que ataca en primer lugar mientras que en baloncesto se lanzará el balón al aire. A partir de este momento, un equipo se convertirá en atacante y el equipo contrario en defensor. Las reglas a seguir en cada modalidad deportiva serán:

- **Fútbol:** El equipo atacante deberá progresar desde la línea de ataque hasta la portería para conseguir gol. Si el balón sale fuera del terreno de juego impulsado por el equipo defensor se ejecutará un saque de banda o saque de esquina. Si el balón sale fuera del terreno de juego impulsado por el equipo atacante se cambiarán los roles, pasando el equipo defensor a ser equipo atacante y viceversa. El juego se reanudará desde la línea de ataque si fue gol o el balón salió por la línea de meta y con saque de banda si abandonó el balón el terreno de juego por la línea de banda. Si el equipo defensor recupera la posesión del balón deberá avanzar hasta la línea de ataque para convertirse en equipo atacante y cambiar los roles ataque-defensa. El portero colaborará con el equipo que se encuentre en fase defensiva sumando un jugador más para conseguir llevar el balón a la línea de ataque. Todas las infracciones se sancionarán de acuerdo con las reglas de juego de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA), por lo que pueden señalarse tiros libres directos, tiros libres indirectos, tiros de penal y balones a tierra. Se mantendrá la regla del fuera de juego. No existirá limitación temporal para el ciclo de ataque.
- **Baloncesto:** El equipo atacante iniciará el ataque cuando el jugador con balón se encuentre fuera de la línea de 3 puntos. Si el balón abandona el terreno de juego impulsado por el equipo defensor se ejecutará un saque de banda o saque de fondo. Si el balón abandona el terreno de juego impulsado por el equipo atacante se cambiarán los roles, pasando el equipo defensor a ser equipo atacante y viceversa. El juego se reanudará desde fuera de la línea de 3 puntos si fue canasta, con saque de fondo si el balón salió por la línea de fondo y con saque de banda si abandonó el balón el terreno de juego por la línea de banda. Si el equipo defensor recupera la posesión del balón deberá salir fuera de la línea de 3 puntos para convertirse en equipo atacante y cambiar los roles ataque-defensa. Todas las infracciones se sancionarán de acuerdo con las reglas de juego de la Federación Internacional de Baloncesto Asociado (FIBA), por lo que puede producirse lanzamiento de tiros libres. Existirá una limitación temporal de 24 segundos para la finalización de cada ciclo de ataque, al igual que se penalizarán los 3 segundos en la zona.
- **Balonmano:** El equipo atacante iniciará el ataque cuando el jugador con balón se encuentre fuera de la línea de 9 metros. Si el balón abandona el terreno de juego impulsado por el equipo defensor se ejecutará un saque de banda o saque de esquina. Si el balón abandona el terreno de juego impulsado por el equipo atacante se cambiarán los roles, pasando el equipo defensor a ser equipo atacante y viceversa. El juego se reanudará desde fuera de la línea de 9 metros si fue gol o el balón salió por la línea de meta y con saque de banda si abandonó el balón el terreno de juego por la línea de banda. Si el equipo defensor recupera la posesión del balón deberá salir fuera de la línea de 9 metros para convertirse en equipo atacante y cambiar los roles ataque-defensa. El portero colaborará con el equipo que se encuentre en fase defensiva. Todas las infracciones se sancionarán de acuerdo con la reglamentación de la Federación Internacional de Balonmano (IHF), por lo que puede producirse lanzamiento de 7 metros y golpes francos. Existirá una limitación temporal de 50 segundos para la finalización de cada ciclo de ataque, debido a que es la duración media de los ataques en balonmano profesional reportada en investigaciones previas (Rogulj et al., 2004).

Evaluación de la Capacidad Elástica durante acciones de salto

En los deportes de invasión, la capacidad elástica es fundamental para conseguir un mayor rendimiento deportivo. En fútbol, forma parte de la mayoría de las acciones realizadas por el guardameta (White et al., 2018) y para las disputas de balón entre los jugadores de campo en balones aéreos sobre todo para pasarlo o intentar meter gol con la cabeza (Comfort et al., 2014). En baloncesto, los movimientos explosivos en ataque y defensa que terminan en acciones de salto son frecuentes (Erčulj et al., 2010), pudiendo realizarse un salto máximo o varios saltos para

conseguir el objetivo, formando parte de las acciones de rebote y lanzamiento. Además, en balonmano tiene un factor fundamental en ataque para la acción de lanzamiento y en defensa para la acción de blocaje (Wagner et al., 2014).

En todas las modalidades deportivas, el salto no se realiza de forma estandarizada y únicamente con la fuerza del tren inferior como el salto en contramovimiento (CMJ) y el *squat jump* (SJ), sino que los brazos tienen una participación importante en la ejecución del movimiento (Klavora, 2000; Rouis et al., 2015). Por este motivo, se selecciona el test Abalakov de la batería de Bosco (Bosco et al., 1983).

Diseño: La prueba se realiza en una marcación del campo con el objetivo de asegurar la máxima verticalidad en el salto. De esta forma, el deportista debe partir y caer sobre la misma delimitación del terreno de juego.

Desarrollo y Procedimiento: El deportista realizará 3 saltos máximos con una recuperación entre saltos de 10 segundos con el objetivo de conocer la potencia máxima de salto con la participación tren inferior y superior. El protocolo utilizado será Abalakov de la batería de Bosco. Para su ejecución, el deportista parte de una posición erguida, con los pies separados a la anchura de los hombros y los brazos libres. A su discreción, el deportista flexionará las piernas y seguidamente realizará una extensión de las piernas ayudándose de los brazos en la ejecución del movimiento y evitando la flexión del tronco. Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas y los pies en el momento del contacto deben realizar una flexión plantar (Figura 7) (Bosco et al., 1983).

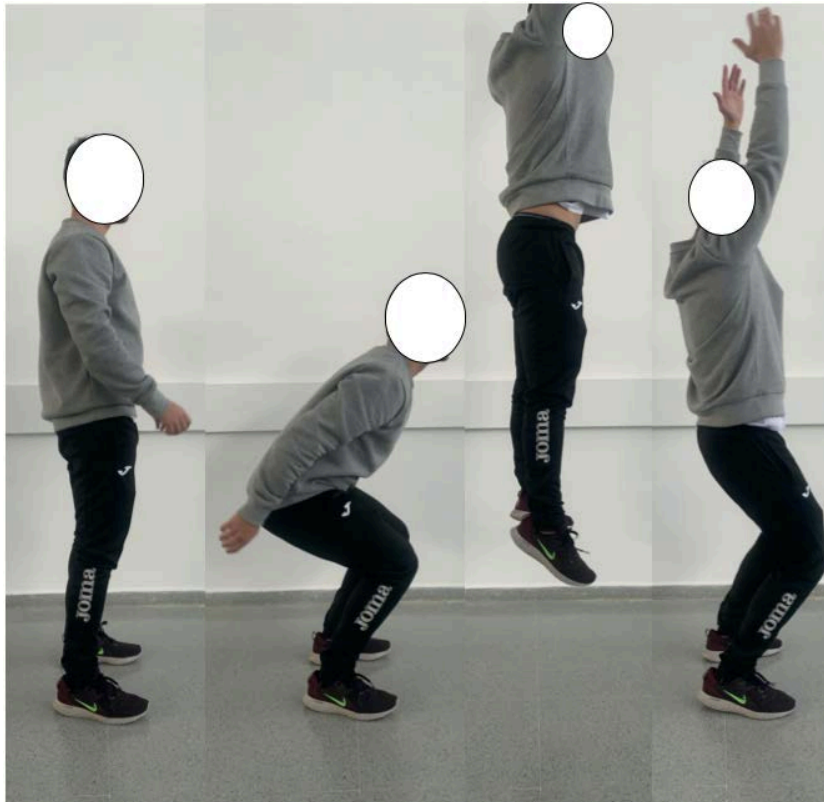


Figura 7. Secuencia en la ejecución del test de Abalakov.

Evaluación del Rendimiento Individual

Para la evaluación del rendimiento individual en cada una de las pruebas realizadas en cada modalidad deportiva, este podrá ser identificado a partir de diferentes métodos de medición en función de la presencia o ausencia de material específico para la monitorización individual: (a) rendimiento específico de la prueba (sin material o con material específico), (b) con dispositivos inerciales (carga interna y carga externa).

En la tabla 7 se muestra cada una de las pruebas según la modalidad deportiva y las variables a evaluar según la disponibilidad de material. Todas las variables serán relativas al tiempo de participación para posibilitar la comparación entre pruebas debido a su diferente duración, además de que esta medida parece ser más representativa del volumen general y la intensidad de los esfuerzos intermitentes en los deportes de equipo (e.g. baloncesto, balonmano, fútbol, fútbol sala), por lo tanto, podrían ser utilizados como índices totales debido a que proporcionan información más precisa sobre las demandas, independientemente del tiempo de juego (Naser et al., 2017; Pino-Ortega et al., 2019; Wagner et al., 2014).

En primer lugar, respecto al rendimiento específico de la prueba sin material, de forma general se podrá obtener la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) la cual ha sido previamente evaluada obteniendo altos valores de fiabilidad y validez para identificar la carga global del sujeto (Casamichana et al., 2013), a través de una escala Likert de 6 a 20 donde 6 es ejercicio muy ligero y 20 es extremadamente duro (Borg, 1982). De forma específica, solamente se podrá valorar sin material la carga soportada durante los juegos reducidos, siendo utilizado para ello el Sistema Integral para el Análisis de las Tareas de Entrenamiento (SIATE), el cual ha obtenido una alta relación con instrumentos de carga objetiva en fútbol y baloncesto (Gómez-Carmona, Gamonales-Puerto, Feu, y Ibáñez, 2019; Reina, Mancha-Triguero, García-Santos, García-Rubio, y Ibáñez, 2019), el cual es calculado a partir de 6 variables: grado de oposición, densidad de la tarea, porcentaje de ejecutantes simultáneos, carga competitiva, espacio de juego e implicación cognitiva en relación al tiempo de juego (Ibáñez et al., 2016).

En segundo lugar, respecto al rendimiento específico de la prueba con material, en todas las pruebas específicas donde se evalúa un tipo de desplazamiento (lineal, curvilíneo, cambio de velocidad) fuera del contexto real de juego se podrá valorar el tiempo de ejecución y la velocidad mediante células fotoeléctricas o en su defecto un cronómetro manual, siendo este último método menos válido, fiable y preciso (Haugen y Buchheit, 2016). Finalmente, en cuanto a la capacidad de salto, está podrá ser evaluada mediante esterillas de contacto, plataformas de fuerza o infrarrojos para detectar el tiempo de vuelo y a partir del mismo identificar la altura de salto y la fuerza de impulso generada durante su ejecución (Klavora, 2000; Rouis et al., 2015).

Finalmente, respecto a la utilización de material para la monitorización individualizada del deportista, gracias al desarrollo de los dispositivos inerciales es posible la monitorización de la carga interna y externa (McLaren et al., 2018). La carga interna es la reacción biológica, tanto fisiológica como psicológica, del organismo del deportista (Halson, 2014) en relación a la carga externa que es el estrés locomotor y mecánico que sufre el atleta como consecuencia de la actividad (Boyd, 2011).

La carga interna se monitorizará en todas las pruebas mediante las variables frecuencia cardíaca media y máxima (Achten y Jeukendrup, 2003) y mediante las variables de variabilidad de la frecuencia cardíaca para identificar el efecto del esfuerzo en el sistema simpático y parasimpático del deportista (Manso, 2013). Por último, también podrá ser utilizada la saturación de oxígeno muscular para identificar el porcentaje de oxihemoglobina en relación al total de hemoglobina en un grupo muscular específico, siendo este protocolo utilizado en investigaciones anteriores en entrenamiento de fuerza (Gómez-Carmona et al., 2019).

En cambio, la carga externa será monitorizada por un dispositivo inercial. Las variables tiempo movimiento podrán ser registradas en condiciones de exterior e interior mediante tecnología UWB o GPS debido a ser ambas fiables y válidas para las variables distancia y velocidad (Bastida-Castillo, Gómez-Carmona, De la Cruz Sánchez, y Pino-Ortega, 2018). En cambio, para la monitorización de la carga neuromuscular que soporta el cuerpo del deportista en relación a

la gravedad y para la detección de las diferentes variables analizadas durante el salto se utilizará el sensor acelerómetro (Gómez-Carmona et al., 2019).

Debido a que, en cada una de las pruebas, las variables de rendimiento presentan valores diferentes (e.j. capacidad de salto vs capacidad aeróbica), el resultado de cada variable debe normalizarse, pudiéndose compararse y valorarse de igual modo en todas las variables (Figura 8). Para este proceso, Z-Score puede ser utilizado para estandarizar las unidades y las magnitudes de cada variable (Field, 2013). Este proceso de transformación de datos se realiza con el propósito de igualar el tamaño, magnitud y variabilidad de las variables objeto de estudio (Milligan y Cooper, 1988). Los valores serán calculados a través de la siguiente ecuación:

$$Zscore = \frac{(Valor\ de\ la\ variable\ analizada - Promedio\ de\ la\ variable\ analizada)}{Desviación\ típica\ de\ la\ variable}$$

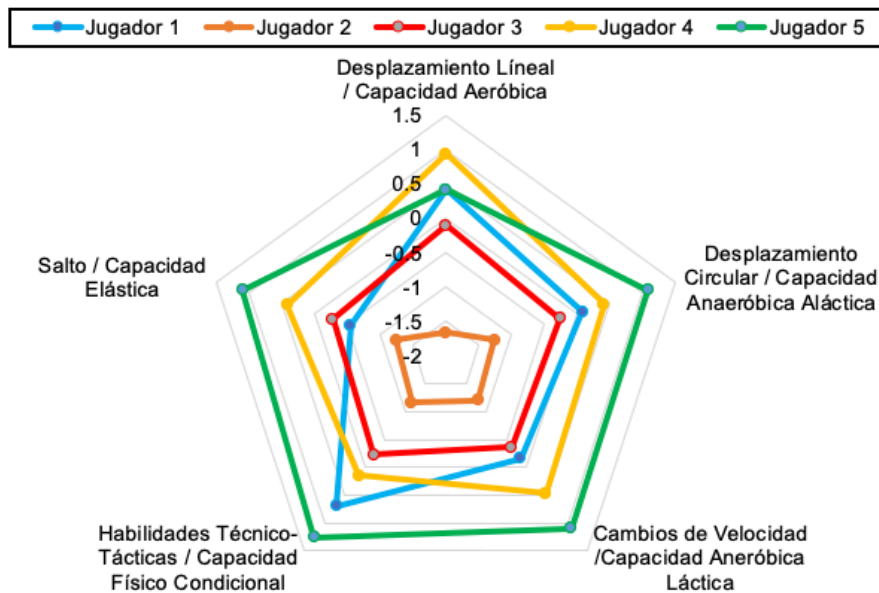


Figura 8. Representación gráfica de la simulación de los resultados obtenidos por cinco jugadores en la batería de pruebas propuesta.

Tabla 7. Métodos de evaluación para cada una de las pruebas realizadas.

Prueba	Unidad de análisis	Rendimiento Específico		Dispositivos inerciales	
		Sin material	Con material	Carga externa	Carga interna
Yo-Yo test	<ul style="list-style-type: none"> Intervalos de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad de finalización (km/h) Estimación del consumo máximo de oxígeno (kg/ml/min). 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Cronómetro:</i> Duración de la prueba (seg) 	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad (km/h) Distancia total (m/min) Cambios de dirección (n/min) Aceleraciones y deceleraciones media y máxima (m/s²) 	
Desplazamiento o circular	<ul style="list-style-type: none"> Sentido de giro Tiempo de ejecución 		<ul style="list-style-type: none"> <i>Cronómetro o fotocélulas:</i> Tiempo de cada esfuerzo (seg) 	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad (km/h) Aceleraciones y deceleraciones media y máxima (m/s²) Fuerza centrípeta media y máxima (N) 	
Test RSA	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de ejecución Evolución de la carga a lo largo de los 5 esfuerzos Diferencias entre fase de aceleración y frenado 		<ul style="list-style-type: none"> <i>Cronómetro o fotocélulas:</i> Tiempo de cada esfuerzo (seg) 	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad (km/h) Aceleraciones y deceleraciones media y máxima (m/s²) 	
Juego reducido	<ul style="list-style-type: none"> Comparación entre fase ofensiva y defensiva Equipo ganador vs equipo perdedor Fatiga en periodos de 1 minuto 	<ul style="list-style-type: none"> Carga externa subjetiva (SIATE) 		<ul style="list-style-type: none"> Velocidad (km/h) Distancia total (m/min) Cambios de dirección (n/min) Aceleraciones y deceleraciones media y máxima (m/s²) Fuerza centrípeta media y máxima (N) 	
Test Abalakov	<ul style="list-style-type: none"> Diferencia según altura de salto 		<ul style="list-style-type: none"> <i>Plataforma de contacto:</i> Tiempo (seg) y altura (cm) de vuelo 	<ul style="list-style-type: none"> Altura de salto (cm) Tiempo de vuelo (seg) Fuerza de despegue (g) Impacto de aterrizaje (g) 	
Todas las pruebas		<ul style="list-style-type: none"> Percepción subjetiva del esfuerzo (a.u./min) 		<ul style="list-style-type: none"> Carga acelerométrica en los 3 ejes de movimiento (a.u./min) Impactos totales y por intensidades (n/min) Tiempo de contacto y tiempo de vuelo en cada paso (seg) 	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencia cardíaca media y máxima (ppm) Variabilidad de la frecuencia cardíaca (a.u.) Saturación de oxígeno muscular (%)

Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo la validación de una batería de pruebas para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa en deportes de invasión. Los resultados obtenidos nos indican que la presente batería ha alcanzado los niveles óptimos de validez $V=0.90$, debido a que el límite inferior del intervalo de confianza al 99% ($V=0.80$) supera tanto el mínimo valor de validez de contenido $V=0.50$ (Cicchetti, 1994) como el más conservador $V=0.70$ (Charter, 2003) expuestos en la literatura.

Para la realización del presente estudio se han seguido procedimientos metodológicos previamente expuestos en la literatura científica (Anguera y Mendo, 2013; Bulger y Housner, 2007; Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008), así como estudios similares en el ámbito de actuación realizados en fútbol para ciegos (Gamonales et al., 2018), en el ámbito educativo (García-Ceberino et al., 2020; González Espinosa et al., 2017), en proceso de formación de jugadores expertos (García-Martín et al., 2016), evaluación del aprendizaje de las acciones técnico-tácticas en baloncesto (Ibáñez et al., 2019) o análisis de la actuación arbitral en baloncesto (García-Santos e Ibáñez, 2016). En estos estudios previamente realizados los valores de *V de Aiken* se sitúan entre 0.71 – 0.96, siendo similares a los que se han en el presente estudio tras el proceso de validación realizado mediante jueces expertos.

Respecto a la valoración de la prueba de desplazamiento lineal para la evaluación de la capacidad aeróbica, en primer lugar, fue seleccionada la prueba YoYo Test IR1. Aunque la mayoría de los jueces expertos determinaron que dicha prueba era válida para su inclusión en la batería debido a ser una prueba de evaluación estandarizada tanto en distancia como en velocidad (Krustrup et al., 2003), ampliamente utilizada en la literatura en los deportes de invasión (Comfort et al., 2014; Erčulj et al., 2010), diferentes jueces propusieron la modificación de la misma por el test 30-15 IFT (Buchheit, 2008). La selección final de esta prueba fue debido a su especificidad (adaptable a las diferentes distancias de las modalidades deportivas) y un incremento más progresivo de la velocidad de desplazamiento (0.5 km/h cada 30 segundos de ejecución). Además, esta prueba es igualmente válida y ha sido utilizada en deportes de invasión (Buchheit, 2010).

En relación con la prueba anaeróbica láctica para la evaluación del rendimiento en desplazamiento curvilíneo, únicamente existen dos publicaciones previas que proponen pruebas para su evaluación en fútbol en el semicírculo del área penal (Filter et al., 2019) y en baloncesto sobre la línea de 3 puntos (Mancha-Triguero, García-Rubio, et al., 2019). El resto de investigaciones previamente realizadas evalúan el rendimiento en desplazamiento no lineal mediante pruebas que poseen una gran cantidad de desplazamiento lineal que enmascara el rendimiento real en desplazamiento curvilíneo (Nimphius et al., 2018) como el test 505 o el test Illinois. Por tanto, el desarrollo de las pruebas mostradas en la presente investigación tuvo una muy alta valoración de los jueces expertos ya que ayudará a la evaluación objetiva de este indicador de rendimiento.

Respecto a la valoración de la capacidad anaeróbica láctica en cambios de velocidad, todas las pruebas realizadas en la literatura únicamente analizan la fase acelerativa, no teniendo en cuenta el rendimiento en la fase desacelerativa (Haugen et al., 2012; Haugen y Buchheit, 2016). El estudio de esta fase desacelerativa es importante debido a que un gran número de lesiones sin contacto se producen durante esta acción en los deportes colectivos (Ekstrand et al., 2011). Además, el diseño de estas pruebas no ha sido específico en relación a la modalidad deportiva, encontrando una gran variedad de distancias en fútbol (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011) y baloncesto (Mancha-Triguero, García-Rubio, et al., 2019). El diseño de las pruebas del presente estudio fue realizado teniendo en cuenta las características específicas de la competición y los estudios que previamente describieron el perfil de desplazamientos a sprint en las modalidades deportivas de invasión (Bradley et al., 2010; Michalsik et al., 2012; Stojanović et al., 2018).

En cuanto al diseño de las tareas basadas en formas jugadas, en la literatura existe una gran variedad de disposiciones en todas las modalidades deportivas de invasión (Halouani et al., 2014). Este método de entrenamiento es utilizado debido a que los jugadores experimentan demandas físicas y situaciones técnico-tácticas semejantes a las que se van a encontrar durante la competición tanto en fútbol (Casamichana et al., 2013), baloncesto (Schelling y Torres,

2016) y balonmano (Belka et al., 2016). El primer criterio diseñado fue incluir la mitad de los jugadores excluyendo al portero en fútbol (5 vs 5) y balonmano (3 vs 3), mientras que en baloncesto incluir la mitad más uno (3 vs 3). Diferentes jueces expertos identificaron que, tanto en fútbol como en balonmano, las disposiciones con ese número de jugadores no simulaban los sistemas de juego reales en competición (fútbol, 4-4-2; balonmano, primera y segunda línea) y que, al igual que en baloncesto, se debía añadir un jugador más a cada equipo. Por tanto, tras las aportaciones de los revisores y una revisión exhaustiva de la literatura científica (Buchheit et al., 2009; Gómez-Carmona et al., 2018; Halouani et al., 2014; Schelling y Torres, 2016), la selección de la disposición y número de jugadores fue modificada utilizando como criterio la mitad de los jugadores más uno excluyendo el portero como jugador de campo (6vs6 fútbol, 3vs3 baloncesto, y 4vs4 balonmano). Tanto en fútbol como en balonmano, se incluyó la presencia de portero debido a una mayor realidad competitiva, motivación y por ende mayores exigencias físico-fisiológicas (Koklu et al., 2015).

Finalmente, respecto a la inclusión de un test para la evaluación de la capacidad elástica durante la acción de salto, se eligió el test Abalakov debido a que durante la acción de salto incluye el uso de los brazos (Bosco et al., 1983). El salto en los deportes de invasión no se concibe sin la ayuda de los brazos durante el movimiento ya que es utilizado en fútbol para la realización de los remates de cabeza, en baloncesto para lanzamientos a canasta y tapones y en balonmano para blocajes y lanzamientos a portería entre otras acciones técnico-tácticas.

Conclusiones

El objetivo de la presente investigación fue el diseño de una batería de pruebas para la evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa en deportes de invasión (fútbol, baloncesto y balonmano) y la validación de la misma para su aplicación. La batería tuvo unos excelentes resultados de validez de contenido por parte del procedimiento de jueces expertos. Por tanto, el presente instrumento es una herramienta válida para su aplicación en el proceso de evaluación deportiva.

Las pruebas seleccionadas son específicas de las modalidades deportivas analizadas y se realizan teniendo como referencia las dimensiones reales de la superficie de juego, evitando con esto la realización de valoraciones en contexto de laboratorio que alejan al deportista del contexto real, lo que puede provocar diferencias entre el rendimiento real y el rendimiento evaluado fuera del contexto de juego.

A partir de la valoración del perfil multi-ubicación de carga externa en deportes de invasión, podremos obtener las siguientes aplicaciones en el contexto deportivo: (1) Detección de la carga neuromuscular específica en cada una de las ubicaciones anatómicas evaluadas; (2) Identificar los posibles desequilibrios del sujeto en la lateralidad y en la absorción ascendente de la carga soportada; y (3) Evolución del perfil multi-ubicación específico del deportista a lo largo de la temporada o durante el proceso de recuperación de una lesión y posterior readaptación al nivel óptimo de condición física para la práctica en la competición.

Validada esta batería de evaluación del perfil multi-ubicación de carga externa, esta podrá ser aplicada en diferentes poblaciones de género, edad, nivel competitivo y modalidad deportiva (fútbol, baloncesto y balonmano) con el objetivo de identificar el perfil multi-ubicación de carga externa y generar perfiles específicos de carga neuromuscular en diferentes ubicaciones anatómicas.

Referencias Bibliográficas

- Achten, J., y Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports medicine*, 33(7), 517–538.
- Akenhead, R., y Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Anguera, M. T., y Mendo, A. H. (2013). La Metodología Observacional en el Ámbito del Deporte [Observational methodology in sport sciences]. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 9(3), 135-160.

- Ato, M., López-García, J. J., y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- Barreira, P., Robinson, M. A., Drust, B., Nedergaard, N., Raja Azidin, R. M. F., y 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. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1229015>
- Barrett, S., Midgley, A., y Lovell, R. (2014). PlayerLoad™: Reliability, Convergent Validity, and Influence of Unit Position during Treadmill Running. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 945-952. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0418>
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C. D., De la Cruz Sánchez, E., y Pino-Ortega, J. (2018). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European Journal of Sport Science*, 18(4), 450-457. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1427796>
- Belka, J., Hulka, K., Safar, M., Duskova, L., Weisser, R., y Riedel, V. (2016). Time-motion analysis and physiological responses of small-sided team handball games in youth male players: Influence of player number. *Acta Gymnica*, 46(4), 201-206. <https://doi.org/10.5507/ag.2016.019>
- Bereska, D., Daniec, K., Ilewicz, W., Jędrasiak, K., Koterak, R., Nawrat, A., y Pacholczyk, M. (2016). Influence of temperature on measurements of 3-axial accelerometers and gyroscopes: Embedded into inertial measurement unit. 2016 *International Conference on Signals and Electronic Systems (ICSES)*, 200-205. <https://doi.org/10.1109/ICSES.2016.7593851>
- Billat, V. (2002). *Fisiología y Metodología del Entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Editorial Paidotribo.
- Bishop, D., Girard, O., y Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability—Part II. *Sports Medicine*, 41(9), 741–756.
- Bloomfield, J., Polman, R., y O'Donoghue, P. (2007). Reliability of the Bloomfield Movement Classification. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 20-27.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Bosco, C., Komi, P. V., Tihanyi, J., Fekete, G., y Apor, P. (1983). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 51(1), 129–135.
- Boyd, L. J. (2011). *A new way of using accelerometers in Australian rules football: Assessing external loads* (Tesis Doctoral). Victoria University, Melbourne, Australia.
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., y Sheldon, B. (2010). High-Intensity Activity Profiles of Elite Soccer Players at Different Performance Levels: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343-2351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>
- Buchheit, M., Laursen, P., Kuhnle, J., Ruch, D., Renaud, C., y Ahmaidi, S. (2009). Game-based Training in Young Elite Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 30(04), 251-258. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105943>
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 Intermittent Fitness Test: Accuracy for Individualizing Interval Training of Young Intermittent Sport Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
- Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myorobie Journal*, 1(9), 278.
- Buchheit, M. (2018). *30-15 Intermittent Fitness Test | 30-15 IFT by Martin Buchheit*. 30-15 IFT. <https://30-15ift.com/>
- Bulger, S. M., y Housner, L. D. (2007). Modified Delphi Investigation of Exercise Science in Physical Education Teacher Education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 26(1), 57-80. <https://doi.org/10.1123/jtpe.26.1.57>
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., y Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), e873. <https://doi.org/10.3390/s18030873>
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., y Castagna, C. (2013). Relationship Between Indicators of Training Load in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 369-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., y Castagna, C. (2012). Determinants Analysis of Change-of-Direction Ability in Elite Soccer Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2667-2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242f97a>
- Charter, R. A. (2003). A breakdown of reliability coefficients by test type and reliability method, and the clinical implications of low reliability. *The Journal of General Psychology*, 130(3), 290-304. <https://doi.org/10.1080/00221300309601160>
- Cicchetti, D. V. (1994). Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment*, 6(4), 284-290. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.6.4.284>
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., y Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173–177.
- Conte, D., Kolb, N., Scanlan, A. T., y Santolamazza, F. (2018). Monitoring Training Load and Well-Being During the In-Season Phase in National Collegiate Athletic Association Division I Men's Basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(8), 1067-1074. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0689>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., y West, C. (2013). Global Positioning Systems (GPS) and Microtechnology Sensors in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025-1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., y Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1489-1494. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521166>
- Ekstrand, J., Häggglund, M., y Waldén, J. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Erčulj, F., Blas, M., y Bračić, M. (2010). Physical Demands on Young Elite European Female Basketball Players with Special Reference to Speed, Agility, Explosive Strength, and Take-off Power: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 2970-2978. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e38107>

- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4.ª ed.). SAGE.
- Fílder, A., Olivares, J., Santalla, A., Nakamura, F. Y., Loturco, I., y Requena, B. (2019). New curve sprint test for soccer players: Reliability and relationship with linear sprint. *Journal of Sports Sciences*, Pendiente de Publicación.
- Gamonales, J. M., León, K., Muñoz, J., González-Espinosa, S., y Ibáñez, S. J. (2018). Validación del IOLF5C para la eficacia del lanzamiento en fútbol para ciegos. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 18(70), 361-381.
- García-Ceberino, J. M., Antúnez, A., Feu, S., y Ibáñez, S. J. (2020). Validación de dos programas de intervención para la enseñanza del fútbol escolar. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, Pendiente de Publicación.
- García-Martín, A., Antúnez, A., y Ibáñez, S. J. (2016). Análisis del proceso formativo en jugadores expertos: Validación de instrumento. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 16(61), 157-182. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2016.61.012>
- García-Santos, D., y Ibáñez, S. J. (2016). Diseño y validación de un instrumento de observación para la valoración de un árbitro de baloncesto (IOVAB). *Sport TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 15-26. <https://doi.org/10.6018/264601>
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., y Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability—Part I. *Sports medicine*, 41(8), 673–694.
- Gomez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., González-Custodio, A., Olcina, G., y Pino-Ortega, J. (2019). Using an inertial device (WIMU PRO™) to quantify neuromuscular load in running: Reliability, convergent validity and the influence of type of surface and device location. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, Pendiente de Publicación. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003106>
- Gómez-Carmona, C. D., Gamonales, J., Pino-Ortega, J., y Ibáñez, S. (2018). Comparative Analysis of Load Profile between Small-Sided Games and Official Matches in Youth Soccer Players. *Sports*, 6(4), 173. <https://doi.org/10.3390/sports6040173>
- Gómez-Carmona, C.D., Bastida Castillo, A., Rojas-Valverde, D., de la Cruz Sánchez, E., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J., y Pino-Ortega, J. (2019). Lower-limb dynamics of muscle oxygen saturation during the back-squat exercise: Effects of training load and effort level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Pendiente de Publicación.
- Gómez-Carmona, C.D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J., y Pino-Ortega, J. (2019). Static and dynamic reliability of WIMU PRO™ accelerometers according to anatomical placement. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 233(2), 238-248. <https://doi.org/10.1177/1754337118816922>
- Gómez-Carmona, C. D., Pino-Ortega, J., Sánchez-Ureña, B., Ibáñez, S. J., y Rojas-Valverde, D. (2019). Accelerometry-Based External Load Indicators in Sport: Too Many Options, Same Practical Outcome? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5101. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245101>
- Gómez-Carmona, C.D., Gamonales-Puerto, J. M., Feu, S., y Ibáñez, S. J. (2019). Estudio de la carga interna y externa a través de diferentes instrumentos. Un estudio de casos en fútbol formativo. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 5(3), 444-468. <https://doi.org/10.17979/sportis.2019.5.3.5464>
- González-Espinosa, S., Ibáñez, S. J., Feu-Molina, S., y Galatti, L. R. (2017). Programas de intervención para la enseñanza deportiva en el contexto escolar, PETB y PEAB: Estudio preliminar. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 31, 107-113.
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., y Chamari, K. (2014). Small-Sided Games in Team Sports Training: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3594-3618. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000564>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), 139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Haugen, T. A., Tønnessen, E., y Seiler, S. K. (2012). The Difference Is in the Start: Impact of Timing and Start Procedure on Sprint Running Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 473-479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318226030b>
- Haugen, T., y Buchheit, M. (2016). Sprint Running Performance Monitoring: Methodological and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 46(5), 641-656. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0446-0>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Johnston, R. D., y Jenkins, D. G. (2017). Wearable microtechnology can accurately identify collision events during professional rugby league match-play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(7), 638-642. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.006>
- Ibáñez, S. J., Martínez-Fernández, S., Gonzalez-Espinosa, S., García-Rubio, J., y Feu, S. (2019). Designing and Validating a Basketball Learning and Performance Assessment Instrument (BALPAI). *Frontiers in Psychology*, 10, 1595. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01595>
- Ibáñez, S. J., Feu, S., y Cañadas, M. (2016). Sistema intergral para el análisis de las tareas de entrenamiento, SIATE, en deportes de invasión. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 12(1), 3-30.
- Klassen, T. D., Simpson, L. A., Lim, S. B., Louie, D. R., Parappilly, B., Sakakibara, B. M., Zbogor, D., y Eng, J. J. (2016). "Stepping Up" Activity Poststroke: Ankle-Positioned Accelerometer Can Accurately Record Steps During Slow Walking. *Physical Therapy*, 96(3), 355-360. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140611>
- Klavora, P. (2000). Vertical-jump tests: A critical review. *Strength and Conditioning Journal*, 22(5), 70–75.
- Koklu, Y., Sert, O., Alemdaroglu, U., y Arslan, Y. (2015). Comparison of the physiological responses and time-motion characteristics of young soccer players in small-sided games: The effect of goalkeeper. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 964-971.

- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., y Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 697-705. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
- Lovell, T. W., Sirotic, A. C., Impellizzeri, F. M., y Coutts, A. J. (2013). Factors affecting perception of effort (session rating of perceived exertion) during rugby league training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 62-69.
- Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., González-Calleja, J., y Ibanez, S. J. (2019). Physical fitness in basketball players: A systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Pendiente de Publicación.
- Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., y Ibáñez, S. J. (2019). Batería de test de campo para evaluar la condición física de jugadores de baloncesto: SBAFIT. *E-Balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 15(2), 107-126.
- Manso, J. M. G. (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo: Análisis en modo frecuencia. *Archivos de Medicina del Deporte*, 30(1), 43-51.
- McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., y Weston, M. (2018). The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 641-658. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0830-z>
- Michalsik, L., Aagaard, P., y Madsen, K. (2012). Locomotion Characteristics and Match-Induced Impairments in Physical Performance in Male Elite Team Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(07), 590-599. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1329989>
- Milligan, G. W., y Cooper, M. C. (1988). A study of standardization of variables in cluster analysis. *Journal of Classification*, 5(2), 181-204. <https://doi.org/10.1007/BF01897163>
- Naser, N., Ali, A., y Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 15(2), 76-80. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>
- Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., Eusterwiemann, E., Drust, B., Lisboa, P. J., y Vanrenterghem, J. (2017). The Relationship Between Whole-Body External Loading and Body-Worn Accelerometry During Team-Sport Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 18-26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0712>
- Neville, J.G., Wixted, A., Rowlands, D.D., & James, D.A. (2010). Accelerometers: An underutilized resource in sports monitoring. 2010 Sixth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 287-290. <https://doi.org/10.1109/ISSNIP.2010.5706766>
- Nichols, J. F., Morgan, C. G., Sarkin, J. A., Sallis, J. F., y Calfas, K. J. (1999). Validity, reliability, and calibration of the Tritrac accelerometer as a measure of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 908-912.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., y Lockie, R. G. (2018). Change of Direction and Agility Tests: Challenging Our Current Measures of Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 26-38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000309>
- Ortega, E., Jiménez, J. M., Palao, J. M., y Sainz de Baranda, P. (2008). Diseño y validación de un cuestionario para valorar las preferencias y satisfacciones en jóvenes jugadores de baloncesto. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 8(2), 39-58.
- Parlebas, P. (2008). *Juegos, deporte y sociedades. Léxico de praxeología motriz* (1.ª ed., Vol. 36). Editorial Paidotribo.
- Penfield, R. D., y Giacobbi, P. J. (2004). Applying a Score Confidence Interval to Aiken's Item Content-Relevance Index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213-225. https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0804_3
- Pino-Ortega, J., García-Rubio, J., y Ibáñez, S. J. (2018). Validity and reliability of the WIMU inertial device for the assessment of the vertical jump. *PeerJ*, 30(6), e4709. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4709>
- Raper, D. P., Witchalls, J., Philips, E. J., Knight, E., Drew, M. K., y Waddington, G. (2017). Use of a tibial accelerometer to measure ground reaction force in running: A reliability and validity comparison with force plates. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(1), 84-88. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.06.010>
- Read, B., y Edwards, P. (1992). Blue Section. Invasion Games. En *Teaching Children to Play Games* (1st edition, pp. 91-139). White Line Publishing Services.
- Reina, M., Mancha-Triguero, D., García-Santos, D., García-Rubio, J., y Ibáñez, S. J. (2019). Comparison of three methods of quantifying the training load in basketball. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 15(58), 368-382. <https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05805>
- Resnick, R., Halliday, D., y Krane, K. S. (2002). *Physics* (5th ed., Vol. 1). Wiley. <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP001926.html>
- Rogulj, N., Srhoj, V., y Srhoj, L. (2004). The contribution of collective attack tactics in differentiating handball score efficiency. *Collegium Anthropologicum*, 28(2), 739-746.
- Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Gutiérrez-Vargas, R., y Pino-Ortega, J. (2019). From big data mining to technical sport reports: The case of inertial measurement units. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000565. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000565>
- Rojas-Valverde, D., Sánchez-Ureña, B., Pino-Ortega, J., Gómez-Carmona, C., Gutiérrez-Vargas, R., Timón, R., y Olcina, G. (2019). External workload indicators of muscle and kidney mechanical injury in endurance trail running. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203909>
- Rouis, M., Attiobgé, E., Vandewalle, H., Jaafar, H., Noakes, T. D., y Driss, T. (2015). Relationship between vertical jump and maximal power output of legs and arms: Effects of ethnicity and sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(2), 197-207.
- Schelling, X., y Torres, L. (2016). Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15, 585-591.
- Serpell, B. G., Young, W. B., y Ford, M. (2011). Are the Perceptual and Decision-Making Components of Agility Trainable? A Preliminary Investigation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1240-1248. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d682e6>

- Sheppard, J. M., y Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., y Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 111-135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., y Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.
- Takeda, R., Tadano, S., Todoh, M., Morikawa, M., Nakayasu, M., y Yoshinari, S. (2009). Gait analysis using gravitational acceleration measured by wearable sensors. *Journal of Biomechanics*, 42(3), 223-233. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.027>
- Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gravina, L., Zubero, J., Seco, J., Gil, S. M., Gil, J., y Irazusta, J. (2016). Basketball Performance Is Related to Maturity and Relative Age in Elite Adolescent Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1325-1332. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001224>
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., y von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: A review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(4), 808.
- White, A., Hills, S. P., Cooke, C. B., Batten, T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Roberts, C., y Russell, M. (2018). Match-Play and Performance Test Responses of Soccer Goalkeepers: A Review of Current Literature. *Sports Medicine*, 48(11), 2497-2516. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0977-2>
- Wiersma, L. D. (2001). Conceptualization and Development of the Sources of Enjoyment in Youth Sport Questionnaire. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 5(3), 153-177. https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0503_3
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., y Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Wu, F., Zhang, K., Zhu, M., Mackintosh, C., Rice, T., Gore, C., Hahn, A., y Holthous, S. (2007). An Investigation of an Integrated Low-cost GPS, INS and Magnetometer System for Sport Applications, *Proceedings of the 20th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2007)*, Fort Worth, 113-120.
- Wundersitz, D. W. T., Netto, K. J., Aisbett, B., y Gustin, P. B. (2013). Validity of an upper-body-mounted accelerometer to measure peak vertical and resultant force during running and change-of-direction tasks. *Sports Biomechanics*, 12(4), 403-412. <https://doi.org/10.1080/14763141.2013.811284>
- Zarić, I., Dopsaj, M., y Marković, M. (2018). Match performance in young female basketball players: Relationship with laboratory and field tests. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(1), 90-103. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1452109>
- Zhang, J. H., An, W. W., Au, I. P. H., Chen, T. L., y Cheung, R. T. H. (2016). Comparison of the correlations between impact loading rates and peak accelerations measured at two different body sites: Intra- and inter-subject analysis. *Gait & Posture*, 46, 53-56. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.02.002>