

**ANÁLISIS DE UNA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DEL GPS Y
ACELERÓMETRO PARA EL ESTUDIO DE LAS DECELERACIONES DE ALTA
INTENSIDAD EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES**



Alumno:

Andoni Sesma Mendaza

Director:

Bruno Fernández-Valdés Villa

Asignatura y curso académico:

Trabajo Fin de Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte – 5º Curso

Universidad, fecha y lugar:

Tecnocampus Mataró-Maresme, 15 de mayo de 2023

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE TABLAS	2
GLOSARIO	4
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	10
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	12
4. METODOLOGÍA	13
5. RESULTADOS	22
6. DISCUSIÓN	30
7. LIMITACIONES	33
8. CONCLUSIONES	33
9. IMPLICACIONES EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL	34
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
11. ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE LA BIBLIOGRAFÍA REVISADA POR GÓMEZ- CARMONA Y COLABORADORES (2020)	9
FIGURA 2. FÓRMULA DE <i>PLAYER LOAD</i> DE CATAPULT; CAMBIOS EN LA ACELERACIÓN EN LOS 3 PLANOS	9
FIGURA 3. INTERFAZ PRINCIPAL DE SPRO CON LA SEÑAL <i>SPEED</i> DEL GPS	15
FIGURA 4. SEÑAL <i>SPEED</i> CORTADA EN TIEMPOS DE JUEGO	15
FIGURA 5. FILTRO “INTERVALS-PRO” EN LA PESTAÑA DE ACELERACIONES ABSOLUTAS	16
FIGURA 6. DECELERACIÓN DE ALTA INTENSIDAD CORTADA Y SELECCIONADA	16
FIGURA 7. SEÑAL <i>ACELT</i> , <i>ACELX</i> , <i>ACELY</i> , <i>ACELZ</i> MOSTRADA EN EL LÍMITE INFERIOR	17
FIGURA 8. DATOS CRUDOS DEL ACELERÓMETRO LISTOS PARA SU EXPORTACIÓN	17
FIGURA 9. DATOS DERIVADOS DEL ACELERÓMETRO PARA LOS PRIMEROS CENTISEGUNDOS DE LA PRIMERA DESACELERACIÓN DE ALTA INTENSIDAD DEL PARTIDO	18
FIGURA 10. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “ENTROPÍA MÓDULO” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	23
FIGURA 11. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “ENTROPÍA EJE Y” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	23
FIGURA 12. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “ENTROPÍA EJE Z” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	24
FIGURA 13. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “ENTROPÍA EJE X” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	24
FIGURA 14. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “PLAYER LOAD/MIN” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	25
FIGURA 15. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “PLAYER LOAD TOTAL” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	25
FIGURA 16. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “HIGH DEC COUNT” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	26
FIGURA 17. EFFECT SIZE DE LA VARIABLE “HIGH DEC METERS” ENTRE POSICIONES DE JUEGO	26
FIGURA 18. ENTROPÍA MÓDULO, EN EL EJE Z Y EN EL EJE Y POR POSICIONES (U.A)	27
FIGURA 19. ENTROPÍA MÓDULO, EN EL EJE Z Y EN EL EJE Y (U.A.) FRENTE A LA <i>PLAYER LOAD TOTAL</i> (U.A)	28
FIGURA 20. ENTROPÍA MÓDULO, EN EL EJE Z Y EN EL EJE Y (U.A.) FRENTE AL NÚMERO DE DECELERACIONES	28

FIGURA 21. ENTROPÍA MÓDULO, EN EL EJE Z Y EN EL EJE Y (U.A.) FRENTE A LOS METROS DECELERADOS	29
FIGURA 22. ENTROPÍA MÓDULO, EN EL EJE Z Y EN EL EJE Y (U.A.) FRENTE AL PROMEDIO DE METROS DECELERADOS EN CADA DECELERACIÓN	29
FIGURA 23. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIABLES ESTUDIADAS	30
FIGURA 24. APROBACIÓN COMITÉ DE ÉTICA	51
FIGURA 25. EFFECT SIZE DEL CONJUNTO DE VARIABLES ENTRE POSICIONES DE JUEGO	58
FIGURA 26. HOJA DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO DE UN JUGADOR	59
FIGURA 27. HOJA DE AUTORIZACIÓN DEL CLUB	62

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VARIABLES DEL ESTUDIO	13
TABLA 2. TEST DE NORMALIDAD (SHAPIRO-WILK) PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES	22
TABLA 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES POR POSICIÓN DE JUEGO	52
TABLA 4. MODELO LINEAL DE VARIABLES MIXTAS (BONFERRONI)	54
TABLA 5. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CADA VARIABLE EN LOS DEFENSAS CENTRALES	56
TABLA 6. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CADA VARIABLE EN LOS MEDIOCENTROS	56
TABLA 7. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CADA VARIABLE EN EL DELANTERO	57
TABLA 8. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CADA VARIABLE EN LOS LATERALES DERECHOS	57

GLOSARIO

EPTS – Electronic Performance and Tracking Systems

RB – Right back

CB – Centre back

CM – Midfielder

FW - Forward

SampEn – Sample entropy

GPS – Global Positioning System

MEMS – Micro electrical mechanical systems

IMUs – Inertial measurement unit

RPE - Rate of Perceived Exertion

GNSS – Global Navigation Satellite System

LPM – Local Positioning System

TD – Total distance

HSR – High Speed Running

PL – Player Load

ACL – Asian Champions League

AFC – Asian Football Confederation

LCA – Ligamento cruzado anterior

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

CASTELLANO

El uso de sistemas electrónicos de rendimiento y seguimiento (EPTS por sus siglas en inglés) ha crecido notablemente en los últimos años en el mundo del deporte, más en concreto en el fútbol profesional con el fin de monitorizar la carga de entrenamiento durante las sesiones del equipo. Sin embargo, muchos profesionales no son conscientes del potencial de estos dispositivos, y pocos estudian las variables derivadas del acelerómetro; la variable "Player Load" es la más conocida y nos da una medida de la magnitud del movimiento del acelerómetro en los 3 ejes durante la sesión. De ahí, la importancia de las aceleraciones y deceleraciones de alta intensidad, que suponen un gran impacto en la carga metabólica y mecánica de los jugadores. Por ello, el objetivo de este trabajo fue desarrollar perfiles de deceleración por posiciones a partir de la combinación del acelerómetro con el GPS en aquellas por encima de -3 m/s^2 en fútbol profesional, es decir, las deceleraciones de alta intensidad. Se analizaron 4 posiciones diferentes, lateral (RB1, RB2), central (CB1, CB2), mediocentro (CM1, CM2) y delantero (FW1), durante 4 partidos. En todas las posiciones se pudieron analizar dos jugadores diferentes, excepto en la posición de delantero. Las deceleraciones se registraron mediante una unidad de medición inercial (WIMUPRO), y se analizaron con el software SPRO. Los datos del acelerómetro se usaron para el cálculo de la "Sample entropy" (SampEn), que muestra la variabilidad de movimiento durante la deceleración de alta intensidad. Los resultados más relevantes en la entropía al desglosarla por ejes; en el eje Y (lateromedial) se obtuvo 0.55 ± 0.01 en centrales, 0.57 ± 0.05 en laterales, 0.50 ± 0.04 en centrocampistas y 0.54 ± 0.02 en delanteros. En el eje Z (anteroposterior) se encontraron valores de 0.57 ± 0.02 para centrales, 0.60 ± 0.08 en laterales, 0.51 ± 0.03 en centrocampistas y 0.54 ± 0.03 en delanteros. Además, los metros promedio que realiza cada posición en una deceleración son; en centrales (6.22 ± 0.64), en laterales (6.43 ± 0.65), en centrocampistas (5.33 ± 0.35) y en delanteros (7.00 ± 0.40). Se observa que la variabilidad de movimiento es más caótica en los perfiles defensivos, sobre todo en el eje anteroposterior, seguramente debido a la incertidumbre que se genera al incluir oposición a las deceleraciones de alta intensidad. En los perfiles ofensivos, el resultado es que las deceleraciones son más intensas y necesitan más metros para decelerar. Esto nos da una visión más individualizada de cómo se realizan estas deceleraciones durante el partido en cada una de las posiciones, pudiendo así individualizar el entrenamiento de estas acciones con una métrica para la monitorización de la variabilidad generada.

PALABRAS CLAVE: entropía, fútbol profesional, acelerómetro, deceleraciones de alta intensidad, perfiles por posiciones.

ENGLISH

The use of electronic performance and monitoring systems (EPTS) has grown notably in recent years in sports, more specifically in professional football in order to monitor the training load during the sessions of the team. However, many professionals are not aware of the potential of these devices, and few of them study the variables derived from the accelerometer; the variable "player load" is the best known and gives us a measure of the magnitude of the movement of the accelerometer in the 3 axes during the session. Hence, the importance of high-intensity accelerations and decelerations, which have a great impact on the metabolic and mechanical load of players. Therefore, the objective of this study was to develop deceleration profiles by positions from the combination of the accelerometer with GPS in those above -3 m/s^2 in professional football, that is, high-intensity decelerations. 4 different positions were analyzed, right back (RB1, RB2), central back (CB1, CB2), midfielder (CM1, CM2) and forward (W1), during 4 matches. Two different players could be analyzed in all positions, except in the forward position. The decelerations were recorded by an inertial measurement unit (WIMUPRO), and they were analyzed with the SPRO software. The accelerometer data were used for the calculation of the "sample entropy" (SampEn), which shows the variability of movement during high-intensity deceleration. The most relevant results in entropy when breaking it down by axes; on the Y axis (lateral medial) 0.55 ± 0.01 was obtained in CB, 0.57 ± 0.05 in RB, 0.50 ± 0.04 in CM and 0.54 ± 0.02 in FW. On the Z axis (anteroposterior) values of 0.57 ± 0.02 were found for CB, 0.60 ± 0.08 for RB, 0.51 ± 0.03 for CM and 0.54 ± 0.03 for FW. In addition, the average meters covered by each position in a deceleration are in CB (6.22 ± 0.64), in RB (6.43 ± 0.65), in CM (5.33 ± 0.35) and in FW (7.00 ± 0.40). It is observed that the variability of movement is more chaotic in the defensive profiles, especially in the anteroposterior axis, surely due to the uncertainty generated by including opposition to high-intensity decelerations. In the offensive profiles, the result is that the decelerations are more intense, and they need more meters to decelerate. This gives us a more individualized vision of how these decelerations are performed during the match in each of the positions, thus being able to individualize the training of these actions with a metric for monitoring the variability generated during the task.

KEY WORDS: entropy, professional soccer, accelerometer, high intensity decelerations, profiles by positions.

1. INTRODUCCIÓN

La preparación física en el ámbito del fútbol profesional ha ido evolucionando, desde metodologías propias de los deportes individuales hasta adaptarlas al campo de los deportes colectivos.

Por un lado, una variable de vital importancia para los preparadores físicos es la monitorización de la carga de trabajo, ya que es el estímulo que recibe el deportista con el que va a crear una adaptación fisiológica. La cuantificación de la carga es el proceso por el cual analizamos las demandas de la carga de entrenamiento y de la competición para regularla tanto en volumen como en intensidad, con el objetivo de aumentar el rendimiento del equipo y disminuir el riesgo de lesión y/o sobreentrenamiento (1).

Es importante evaluarla tanto a nivel global como individual, ya que los jugadores responden de manera diferente ante una misma carga. Por ello, se diferencian dos tipos de carga, la carga externa y la carga interna. La primera es observable y puede ser la misma para todos, es decir, el tiempo de una tarea de entrenamiento es de 10 minutos, por lo que todos los jugadores realizan el mismo tiempo de trabajo. Otro ejemplo es la distancia total que ha recorrido un jugador en un partido o el número de aceleraciones que ha realizado, por lo que la podemos definir como todo aquello que realiza el atleta y que es observable por un agente externo. Sin embargo, la carga interna es una variable que evalúa cómo está asimilando el atleta esa carga externa. Por ejemplo, dos jugadores de fútbol, un portero y un delantero ante una misma carga externa (10 esprints) seguramente difieran en la carga interna, ya que uno está más adaptado que el otro a realizar esprints.

El uso del GPS (Global Positioning System) en el mundo del deporte se ha implementado para *trackear* y cuantificar estas cargas en el atleta. Desde la primera publicación que usaba la tecnología GPS en el deporte en 2001, se ha progresado exponencialmente hasta día de hoy (2). Se requieren al menos 4 satélites para determinar la ubicación del receptor GPS por medio de trigonometría, y saber así la posición del dispositivo, por ende, del atleta (3). Sabiendo la posición y el tiempo, el dispositivo es capaz de calcular velocidades y aceleraciones, con las que puede derivar variables dependientes de estas, y que son de gran utilidad en la monitorización de la carga del atleta.

En los últimos años, se han comenzado a desarrollar sistemas microelectromecánicos (MEMS) para complementar a la señal del GPS. A modo de ilustración, las IMUs (Unidades de Medición Inercial, por sus siglas en inglés) que contienen acelerómetros, giroscopios o magnetómetros, son capaces de tomar muestras a una frecuencia significativamente mayor (100, 200, 400, 500, 1000 Hz) en comparación con

los GPS (5, 10, 15, 20, 30 Hz). Esto ayuda a crear perfiles de actividad del atleta y monitorizar su carga física de manera válida, fiable y precisa. Además, con la inclusión de acelerómetros tri-axiales se han encontrado nuevas variables para analizar como la *Player Load* (4) que se ha visto que tiene una buena correlación con el indicador de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE por sus siglas en inglés) representando a la carga interna (5). Por ello, es muy interesante combinar en el análisis tanto la carga interna como la externa.

En la revisión sistemática de Gómez-Carmona y colaboradores (2020), analizan varias marcas comerciales de dispositivos (Figura 1) y concluyen que vieron un creciente aumento en el número de publicaciones en relación con el uso de la acelerometría como herramienta de cuantificación de la carga (6). Las variables más estudiadas derivadas del acelerómetro fueron la *Player Load* de la marca Catapult (Figura 2) y los impactos, que, en fútbol, el umbral suele estar situado por encima de 5G a pesar de que se deben de tomar estos datos con precaución debido a la gran variabilidad y pobre fiabilidad para estimar las fuerzas de reacción verticales durante la carrera cuando se usan acelerómetros triaxiales con sujeción en el tronco del atleta (7). El dispositivo estaba situado a la altura de la escápula permitiendo así que la unidad se mueva con el torso de los atletas, posición que ha demostrado una fuerte fiabilidad en el análisis de las variables derivadas del acelerómetro además de facilitar la recepción de la señal GNSS en *outdoor* o la LPM en *indoor*. Además, la prenda en la que se ajuste el dispositivo también ejerce una gran influencia en la carga acumulada medida por el acelerómetro, ya que puede generar un mayor movimiento no intencional de la unidad si no se utiliza el chaleco provisto por el fabricante y sobreestimar así la aceleración total (8). Se usan tanto en entrenamientos como en competición y únicamente en deportistas profesionales o de élite, debido seguramente al alto coste económico de estos dispositivos. Igualmente, la frecuencia de muestreo en todos los dispositivos fue de 100Hz, es decir, de suficiente calidad para la mayoría de las variables que se analizan en el control de la carga, pese a que algunos análisis no lineales de acciones cortas y explosivas puedan requerir al menos 200Hz si los investigadores analizan la señal cruda (9,10). Sin embargo, una frecuencia de muestreo por debajo de 90Hz, está relacionada con una menor precisión para la mayoría de las acciones cortas y explosivas independientemente de su análisis lineal o no lineal (11).

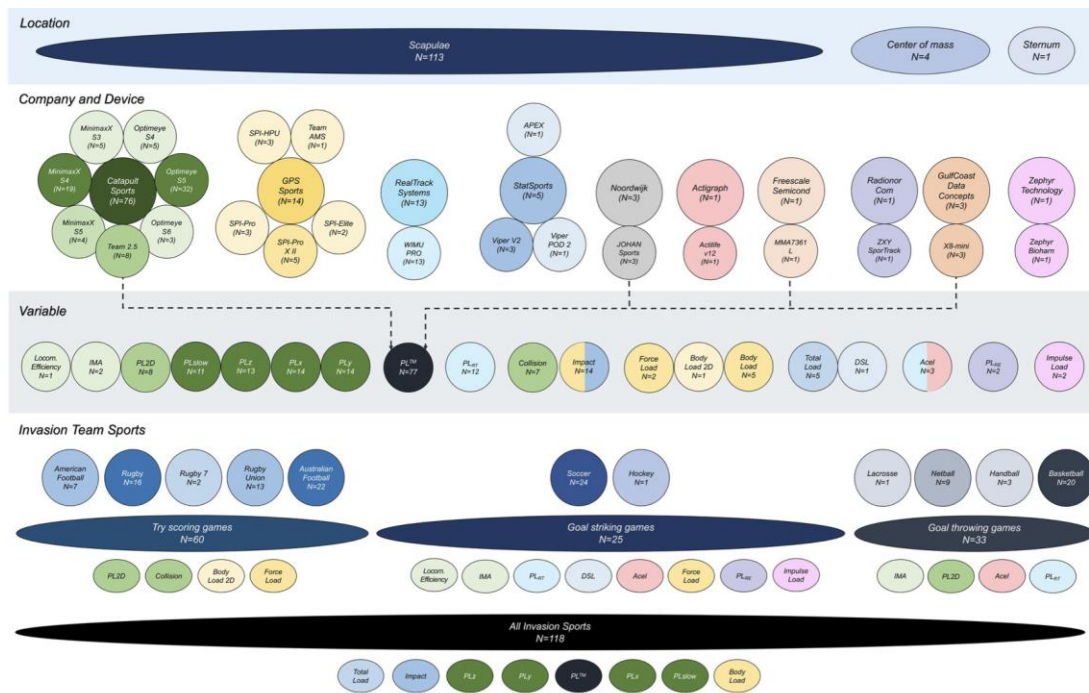


Figura 1 – Diagrama de la bibliografía revisada por Gómez- Carmona y colaboradores (2020).

$$\sqrt{\frac{(fwd_{t=i+1} - fwd_{t=i})^2 + (side_{t=i+1} - side_{t=i})^2 + (up_{t=i+1} - up_{t=i})^2}{100}}$$

Figura 2 – Fórmula de *Player Load* de Catapult; cambios en la aceleración en los 3 planos.

Actualmente, hay numerosos artículos científicos que tienen como propósito analizar la carga externa para aumentar el rendimiento de sus equipos y/o disminuir el riesgo de lesión. Sin embargo, la mayoría se centran en las variables que derivan de la señal GPS, como la distancia total recorrida (TD por sus siglas en inglés), las zonas de velocidad, la carrera a alta velocidad (HSR por sus siglas en inglés) o incluso las aceleraciones y deceleraciones (5,12–14). Algunos añaden la *Player Load* (PL) que es una variable que deriva de la señal del acelerómetro (15,16), siendo una métrica válida para el análisis y cuantificación de las demandas neuromusculares, así como el ACELT; una magnitud de aceleración que se consigue a través de la suma de vectores de aceleración total, en este caso, del tronco, grabada en los diferentes ejes (X, Y, Z)(17).

Es necesario estudiar las demás variables que nos pueda aportar el acelerómetro, debido al vacío científico que encontramos en este campo, al mismo tiempo que complementamos a la señal GPS, que ya se conoce que tiene diversas limitaciones (2). A pesar de ello, este análisis pertenece al campo de los Sport Science, un perfil que recientemente se ha incorporado a los cuerpos técnicos de los equipos

profesionales. En la actualidad, llevar a cabo este análisis resulta altamente arduo y complejo debido a la ausencia de automatización en el manejo de los datos de los diferentes sensores de los inerciómetros. Por lo tanto, resulta crucial que los expertos en este campo trabajen en esta dirección para simplificar y automatizar el análisis de datos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El uso de sistemas electrónicos de rendimiento y seguimiento (EPTS por sus siglas en inglés) ha crecido notablemente en los últimos años en el mundo del deporte, más en concreto en el fútbol profesional. Aun así, la realidad es que muchos preparadores físicos no dominan la dinámica intrínseca de los dispositivos. Es importante conocer el funcionamiento de estos dispositivos para conocer principalmente sus ventajas, pero sin olvidarnos de sus inconvenientes.

La validez y fiabilidad de los GPS está mejorando con los nuevos desarrollos (18) debido principalmente al aumento de la frecuencia de muestreo (19). No obstante, se debe prestar atención al tipo de procesador del dispositivo y la ubicación de éste en el cuerpo del atleta. Además, por mucha frecuencia de muestreo que se llegue a conseguir, la calidad de la señal puede variar dependiendo de la localización, obstrucción del entorno o incluso la meteorología, ya que el dispositivo debe conectarse como mínimo a 4 satélites. Todo esto influye en la precisión de la colección de datos y aumenta considerablemente el error en la medición (2).

Las deceleraciones de alta intensidad tienen un impacto significativo en la carga mecánica del futbolista, causada por unos altos picos de fuerzas de impacto y frecuencias de carga que pueden ocasionar mayor daño en estructuras de tejidos blandos, especialmente si estas fuerzas no se atenúan de manera eficiente. También en los indicadores de daño muscular postpartido que resultan de la repetición de deceleraciones intensas causadas por la tensión repetida en la fibra muscular durante las contracciones excéntricas que derivan en una disrupción de la integridad de las células musculares (20), además de jugar un papel importante en la fatiga neuromuscular y en consecuencia en el posible riesgo de lesión (21), por lo que parece importante analizarlas. No obstante, es una equivocación común que el acelerómetro que se usa en estos dispositivos está involucrado en el cálculo de esta variable. Sin embargo, no es el caso, ya que las aceleraciones y deceleraciones que provienen del acelerómetro son métricas separadas y para este cálculo se basan en los valores obtenidos del GPS.

Conociendo las limitaciones de la señal GPS y como se ha comentado anteriormente, existen pocos estudios que han examinado la carga por medio de un dispositivo de medición inercial (IMU). Estos generalmente tienen una frecuencia de muestreo mucho mayor que la de los GPS, llegando incluso hasta los 1000Hz frente a los 5-20Hz de los GPS. Además, tienen la ventaja de que se pueden usar en interior, ya que no necesitan de conexión satélite, por lo que se resuelve una limitación importante del GPS además de poder detectar una carga mecánica sin que exista desplazamiento, por ejemplo, un salto vertical que el GPS no detectaría ya que no hay variación de la posición (2).

Es por todo esto que en este trabajo se ha combinado la señal del acelerómetro con la señal del GPS en las deceleraciones por encima de 3 m/s^2 , obteniendo así una nueva métrica sobre la variabilidad de movimiento del jugador. Se conoce como variabilidad del movimiento humano a las variaciones típicas que son inherentes al rendimiento motor y que se puede observar tras múltiples repeticiones de una tarea dada (22), en este caso las desaceleraciones de alta intensidad, a pesar de las similitudes entre repeticiones, los múltiples condicionantes inherentes al ambiente, tarea o el propio atleta llevan a estas a diferencias inevitables, resultando en un cierto grado de variabilidad. También, la variabilidad de movimiento representa la complejidad de un movimiento dado, o simplemente un estado inicial de aprendizaje motor, o incluso la presencia de condicionantes en una tarea. Esto se traduce en que un menor nivel de variabilidad surge de una organización más adaptada a los grados de libertad individuales, mientras que un mayor nivel de variabilidad en una determinada acción supone un reto para el sujeto y el entrenamiento es necesario (22). De ahí la importancia de estudiar y cuantificar las variables del proceso durante la ejecución de una acción específica, en este caso de una desaceleración, y no solo el producto final.

Todo lo expuesto puede determinarse mediante el uso de microsensores comerciales, ya que se ha demostrado que tienen un gran potencial para detectar movimientos específicos del deporte y son capaces de detectar demandas deportivas que otras tecnologías pueden no detectar, como actividades no locomotoras que influyen en el rendimiento del atleta (23).

El estudio de la variabilidad humana mediante técnicas no lineales, como las basadas en la entropía, son muy útiles para analizar el movimiento humano en un contexto deportivo, dando una información cuantitativa y cualitativa sobre la tendencia de ciertos sistemas motores. Además, evalúan la estructura de variabilidad temporal general y su distribución particular en el tiempo, permitiendo así identificar la variabilidad desde una perspectiva espaciotemporal más caótica, propia de los deportes colectivos. Estos avances abren nuevas líneas de investigación en el ámbito de las ciencias del deporte, acortando así la brecha entre la ciencia y el entrenamiento deportivo (22).

Con toda esta información, se han creado perfiles decelerativos por posición en el terreno de juego derivados de la señal complementada por el GPS y el acelerómetro. Con este análisis, se puede conocer cualitativa y cuantitativamente cómo desacelera un jugador según su posición en el juego y diseñar las tareas de entrenamiento de manera más individualizada, incidiendo además en componentes tácticos, siendo así más eficientes en el tiempo de entrenamiento (24).

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

1. La señal del acelerómetro combinada con la del GPS nos ayuda a definir un perfil individualizado por posiciones sobre la variabilidad de movimiento del jugador en las deceleraciones de alta intensidad.
2. Mediante la señal del acelerómetro y el uso de la entropía se pueden conocer las demandas coordinativas de las desaceleraciones de los jugadores.
3. Existen diferencias en los perfiles decelerativos por posiciones en el fútbol profesional.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. OBJETIVO GENERAL

1. Definir perfiles de deceleración por posiciones a partir de la combinación del acelerómetro con el GPS en aquellas por encima de -3 m/s^2 en fútbol profesional.

3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un análisis cualitativo por posiciones de las desaceleraciones mediante el análisis no lineal de la estructura temporal de la variabilidad del movimiento.
2. Comparar los perfiles de deceleración de alta intensidad por posiciones.

4. METODOLOGÍA

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realiza un estudio observacional de tipo descriptivo y de carácter retrospectivo ya que los datos se obtienen de archivos ya guardados previamente de la temporada 2022/2023.

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

El estudio va dirigido a 7 jugadores de un equipo de fútbol profesional de la 1ª División de Irán (Persian Gulf Pro-League). Como criterio de inclusión, el jugador analizado debe haber completado más del 85% del partido y ser mayor de 18 años y como criterios de exclusión, el jugador analizado no debe figurar como lesionado ni ocupar la posición de portero. Se analizan 4 posiciones diferentes; lateral (RB1, RB2), central (CB1, CB2), mediocentro (CM1, CM2) y delantero (FW1). Cabe destacar que, en todas las posiciones, excepto en la delantera, se han analizado dos jugadores diferentes para asegurarse de que las diferencias se deben a la posición y no están condicionadas por el jugador. Para la selección de la muestra, se contacta con el staff técnico para informarles del estudio y el procedimiento de éste, una vez lo acepten, se llevará a cabo el estudio.

4.3. VARIABLES DE ESTUDIO

Se estudian las desaceleraciones de alta intensidad (por encima de -3m/s^2) en competición. Los datos se obtienen a partir del dispositivo de medición WIMU Pro (Realtrack Systems, Almería, España) que llevan todos los jugadores del equipo en todas las sesiones de entrenamiento y competición. La valoración se llevará a cabo en los 4 partidos posteriores a la firma del consentimiento informado de los participantes y del club.

	VARIABLE	UNIDAD	MATERIAL
GPS	High Dec (m)	Metros	WIMU PRO
	High Dec (count)	Números	WIMU PRO
ACELERÓMETRO	ACELT	G	WIMU PRO
	ACELX	G	WIMU PRO
	ACELY	G	WIMU PRO
	ACELZ	G	WIMU PRO
	Player Load (PL)	U.A.	WIMU PRO
	Player Load/min (PL/min)	U.A.	WIMU PRO

Tabla 1. Variables del estudio

VARIABLES GPS (Tabla 1)

- **HIGH DEC (METROS):** La cantidad de metros recorridos durante las deceleraciones de alta intensidad.
- **HIGH DEC (COUNT):** La cantidad de veces que el jugador realiza una desaceleración de alta intensidad.

VARIABLES ACELERÓMETRO (Tabla 1)

Los datos de aceleración han sido usados para calcular medidas de entropía a través de una única escala de tiempo (SampEn), acorde a Richman y colaboradores (25).

- **ACELT:** magnitud de aceleración que se consigue a través de la suma de vectores de aceleración total, en este caso, del tronco, grabada en los diferentes ejes (X, Y, Z)(17).
- **ACELX:** vector de aceleración total grabado en el eje X, en este caso, eje vertical.
- **ACELY:** vector de aceleración total grabado en el eje Y, en este caso, eje mediolateral.
- **ACELZ:** vector de aceleración total grabado en el eje Z, en este caso, eje anteroposterior.
- **PLAYER LOAD (PL):** métrica resultante de la magnitud de la suma vectorial de la aceleración del dispositivo en los 3 ejes (vertical, mediolateral y anteroposterior).
- **PLAYER LOAD/MIN (PL/MIN):** Player Load total dividida entre los minutos de juego.

HERAMIENTAS DE MEDICIÓN

Los datos se obtienen a partir del dispositivo de medición WIMU Pro (Realtrack Systems, Almería, España), con una frecuencia de muestreo de su acelerómetro establecida en 100Hz y colocado en el chaleco propio del dispositivo. Como se ha comentado anteriormente, a pesar de que algunos análisis no lineales de acciones cortas y explosivas puedan requerir al menos 200Hz de frecuencia de muestreo, la señal que se obtiene en este trabajo es larga y robusta al juntar todas las desaceleraciones de un partido registradas con una frecuencia de muestreo de 100Hz (10). La validez y fiabilidad de este dispositivo ha sido analizada para la recolección de variables espaciotemporales y se considera útil para su uso en el fútbol. En cuanto a la validez, el error total en la medida de la velocidad media fue entre 1.18 y 1.32 km/h, mientras que en distancia fue de 2.32 y 4.32 metros. Asimismo, se observó una buena fiabilidad inter e intra dispositivo (26).

4.4. PROCEDIMIENTO

Tras la obtención de los archivos, estos se analizan usando el software SPro (Realtrack Systems, Almería, España). A continuación, se describe el protocolo seguido para llevar a cabo el análisis, acompañando la explicación de capturas de pantalla para facilitar la comprensión.

1. INTERFAZ INICIAL DEL SOFTWARE SPRO

En la interfaz principal de SPro, se extrae la señal de velocidad derivada del GPS. Es una gráfica donde se observa la velocidad del dispositivo durante toda la sesión, por lo que es muy sencillo observar el 1º y 2º tiempo del partido (Figura 3).

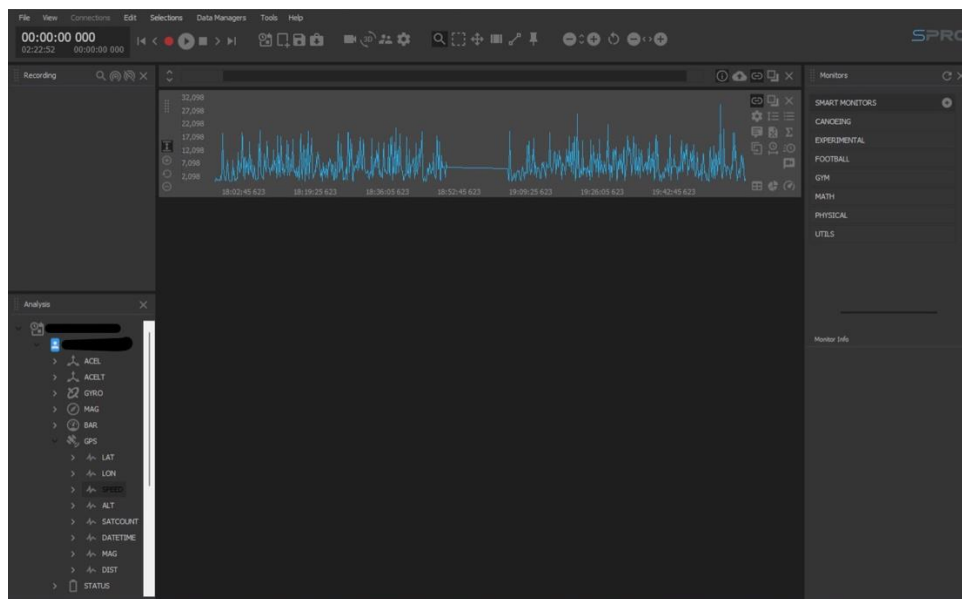


Figura 3. Interfaz principal de SPro con la señal *Speed* del GPS.

2. CORTE DE LOS TIEMPOS DE JUEGO EN SEÑAL SPEED

Posteriormente, se realiza el corte de los tiempos de juego en la señal comentada anteriormente (Figura 4). El mismo hardware de WIMU incluye un botón portátil para realizar marcas durante una sesión. Esto es una herramienta muy útil para marcar el inicio y final de los tiempos de juego, así como las sustituciones, facilitando así posteriormente el trabajo del corte de las señales para cada jugador. Asimismo, es una función de gran utilidad para cortar las tareas de entrenamiento y analizarlas por separado.

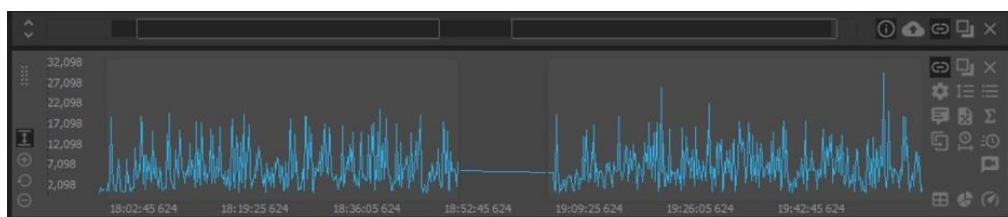


Figura 4. Señal *Speed* cortada en tiempos de juego.

3. SE AÑADE FILTRO "INTERVALS-PRO"

En este paso, se añade el filtro "Intervals-Pro" predeterminado por WIMU, muy utilizado en los deportes de equipo. Se genera una tabla con muchas de las variables que nos aporta WIMU, no obstante, se selecciona únicamente la pestaña "Acceleration Abs Ex" para filtrar las deceleraciones por encima de -3 m/s^2 . En este momento ya se observan las deceleraciones de alta intensidad que ha realizado ese jugador durante el partido derivadas de la señal GPS, así como diferentes características de cada una de ellas, como por ejemplo la duración que ha tenido (ms) (Figura 5).

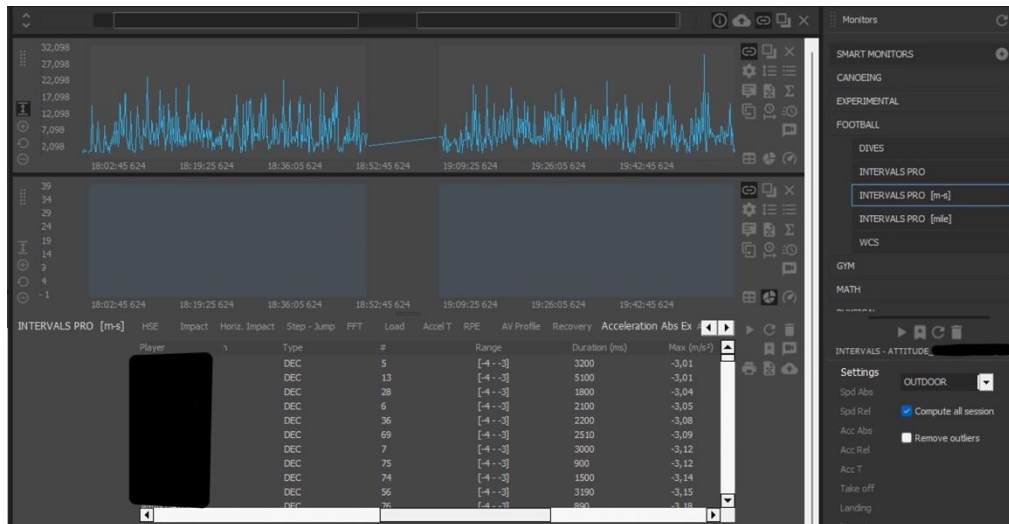


Figura 5. Filtro "Intervals-Pro" en la pestaña de aceleraciones absolutas.

4. CORTE Y SELECCIÓN DE DESACELERACIÓN

En este paso, se analizan una a una las desaceleraciones de alta intensidad. Al seleccionarla, se marca automáticamente el inicio de esta. Ahora bien, se debe marcar desde el inicio hasta el final (Figura 6) y se corrobora con la duración (ms) que sale en la tabla de "Intervals-Pro". Una vez tenemos todas cortadas, se deben seleccionar una a una para que se sincronicen al añadir las variables derivadas del acelerómetro.



Figura 6. Deceleración de alta intensidad cortada y seleccionada.

5. SE AÑADE SEÑAL ACELT, ACELX, ACELY, ACELZ

Como se comenta en el paso anterior, es el momento de añadir las métricas ACELT, ACELX, ACELY y ACELZ que derivan del acelerómetro. Automáticamente se sincronizan las deceleraciones marcadas en la señal de velocidad del GPS con las marcas en la señal de aceleración del ACELERÓMETRO (Figura 7).

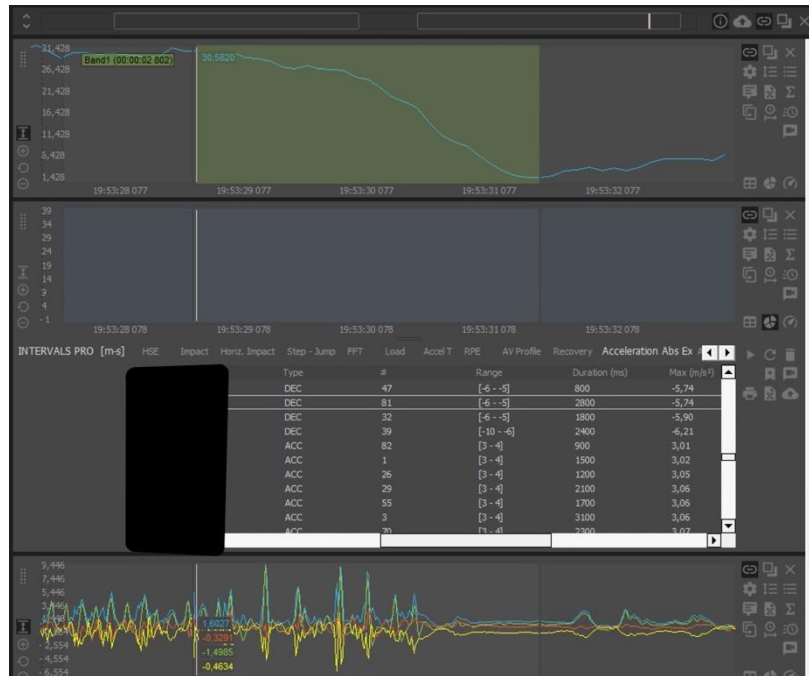


Figura 7. Señal ACELT, ACELX, ACELY, ACELZ mostrada en el límite inferior.

6. EXPORTAR A EXCEL LOS DATOS

Al tener todas las desaceleraciones ya seleccionadas y sincronizadas en el software, es posible realizar la exportación de cada una de ellas si se selecciona la opción "Only selected data" (Figura 8) en formato Excel (Figura 9).

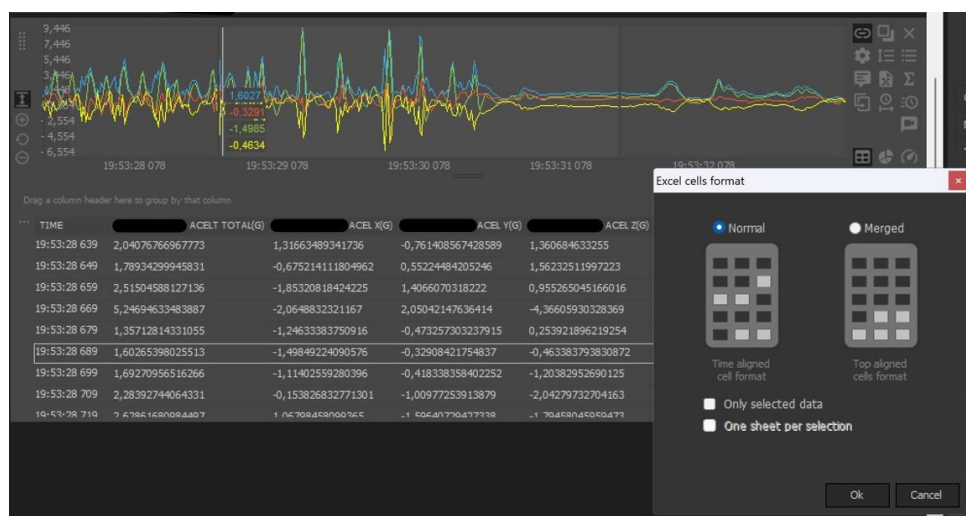


Figura 8. Datos crudos del acelerómetro listos para su exportación.

	A	B	C	D	E	F	G
1	TIME	ACELT TOTAL	ACEL X(G)	ACEL Y(G)	ACEL Z(G)	SELECT	BANDS
2	17:19:34 340	1,05363524	0,904930949	0,38917914	-0,373880833		85
3	17:19:34 350	1,868326426	1,535714269	0,900621474	0,566662312		85
4	17:19:34 360	1,846937656	1,554783106	0,482190877	0,872536659		85
5	17:19:34 370	0,972367883	0,968566775	0,06330137	0,058056954		85
6	17:19:34 380	0,705562472	0,47573719	-0,009920078	-0,521104276		85
7	17:19:34 390	0,682001829	-0,373728815	-0,043889191	-0,568795681		85
8	17:19:34 400	0,563558877	-0,563545167	0,001606794	0,003589019		85
9	17:19:34 410	0,700189173	-0,657007933	0,239600793	0,034595948		85
10	17:19:34 420	0,828479886	-0,638611794	0,435349733	-0,298369706		85
11	17:19:34 430	0,847008765	-0,507112861	0,457667023	-0,500800669		85
12	17:19:34 440	1,002006412	-0,291415513	0,39182514	-0,8749668		85
13	17:19:34 450	1,572847366	0,427143484	0,268606871	-1,489713907		85
14	17:19:34 460	3,088026762	2,87051487	0,475641787	-1,034320235		85
15	17:19:34 470	4,373564243	4,104088783	-0,418338299	-1,452416182		85
16	17:19:34 480	3,795556784	2,575716019	-1,89323318	-2,046364069		85
17	17:19:34 490	2,470199585	0,424805254	-1,416109443	-1,978904009		85
18	17:19:34 500	0,817643285	-0,249776214	-0,199544728	-0,752551854		85
19	17:19:34 510	1,19130671	0,883646011	0,798426628	-0,029938005		85
20	17:19:34 520	2,595866442	2,311234236	0,99369967	-0,639750242		85
21	17:19:34 530	2,195059299	2,017748594	0,282566905	-0,816781104		85
22	17:19:34 540	1,2349751	1,193007469	-0,245408043	-0,204136133		85
23	17:19:34 550	0,958414197	0,858941555	-0,423966408	-0,032088157		85
24	17:19:34 560	0,803238451	0,712112188	-0,324042052	-0,181892872		85
25	17:19:34 570	0,441033453	0,408817977	-0,154788747	-0,058470704		85
26	17:19:34 580	0,144585699	0,140425235	-0,033177014	-0,009223007		85
27	17:19:34 590	0,295379251	-0,031063406	0,040983669	-0,290866193		85
28	17:19:34 600	0,508524477	-0,028404495	-0,010047022	-0,507631123		85
29	17:19:34 610	0,438658118	0,232137576	-0,106131792	-0,356748015		85
30	17:19:34 620	0,694740593	0,648351789	-0,249179184	0,014633733		85
31	17:19:34 630	1,088500142	0,955544889	-0,415809184	0,314434916		85
32	17:19:34 640	1,146102071	1,01401341	-0,460331976	0,270963669		85
33	17:19:34 650	0,928192914	0,830965042	-0,393780887	0,126395524		85
34	17:19:34 660	0,497362137	0,349817276	-0,352922827	-0,021034209		85
35	17:19:34 670	0,432112068	0,03977583	-0,404466212	-0,146784872		85
36	17:19:34 680	0,48413074	-0,10027004	-0,377649844	-0,285848022		85
37	17:19:34 690	0,532984197	-0,210411251	-0,421688795	-0,248953491		85
38	17:19:34 700	0,639257491	-0,342651546	-0,509306192	-0,178458005		85
39	17:19:34 710	0,750280321	-0,339828968	-0,665197492	-0,070350312		85
40	17:19:34 720	0,98907578	-0,147856655	-0,969179809	0,130733192		85
41	17:19:34 730	1,24662745	0,191430762	-1,190490603	-0,316490918		85
42	17:19:34 740	2,216278791	0,46203956	-1,209747195	-1,798588991		85
43	17:19:34 750	3,630106688	2,100634575	-0,99590981	-2,788040876		85
44	17:19:34 760	5,686285019	5,616435528	-0,686541736	-0,564047277		85

Figura 9. Datos derivados del acelerómetro para los primeros centisegundos de la primera desaceleración de alta intensidad del partido.

7. CÁLCULO DE ENTROPÍAS

El cálculo de la entropía se ha realizado acorde a Goldberger y colaboradores (27), y a través de rutinas programadas en Matlab (TheMathWork, Massachussets, USA). El cálculo detallado se puede encontrar en Richman y Moorman (25), pero a continuación se muestra la fórmula:

1. Lo primero de todo formamos un vector m , $X(1)$ hasta $X(N - m + 1)$ definido como:

$$X(i) = [x(i), x(i + 1), \dots, X(i + m - 1)] \quad i = 1, N - m + 1$$

2. Definimos para cada l , por $i=1, N-m$

$$a. B_i^m(r) = \frac{1}{N-m+1} \times \text{no. of } d_m[X(i), X(j)] \leq r, i \neq j$$

3. De manera parecida, definimos para cada l , por $i=1, N-m$

$$a. A_i^m(r) = \frac{1}{N-m+1} \times \text{no. of } d_{m+1}[X(i), X(j)] \leq r, i \neq j$$

4. Después definimos:

$$a. B^m(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} B_i^m(r)$$

$$b. A^m(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} A_i^m(r)$$

5. Finalmente se calcula SampEn:

$$a. \text{SampEn}(m, r, N) = -\ln \left(\frac{A^m(r)}{B^m(r)} \right)$$

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se ejecuta un análisis descriptivo de la muestra (Anexo IV). Para la determinar si los datos siguen una distribución normal se realiza la prueba de Shapiro-Wilk por ser menos de 50 participantes, en este caso, los datos recogidos para cada una de las variables siguen una distribución normal (Tabla 2). Se describen cada una de las variables con media y desviación estándar.

Se utiliza un modelo lineal de variables mixtas para modelar los efectos principales e interactivos entre posiciones para las variables dependientes descritas anteriormente. La “posición” del jugador se trató como la variable fija (Anexo V).

Las comparaciones también se evalúan mediante diferencias de medias estandarizadas (Cohen’s d) y sus respectivos intervalos de confianza del 95% (Anexo VII). Los umbrales para las estadísticas del tamaño del efecto fueron $<0,20$, triviales; $0,20-0,59$, pequeño; $0,6-1,19$, moderado; $1,20-1,99$, grande; y >2.0 , muy grande (28).

Se calculan los promedios de los jugadores por posiciones; lateral derecho (RB), defensa central (CB), mediocentro (CM) y delantero (FW) (Anexo VI). Asimismo, las correlaciones entre variables han sido determinadas usando las clasificaciones de Hopkins (28): triviales (0-0.09), pequeñas (0.1-0.29), moderadas (0.3-0.49), grandes (0.5-0.69), muy grandes (0.7-0.89), casi perfectas (0.9-0.99) y perfectas (1.0) (Figura 23), mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson.

El proceso estadístico se ha desarrollado de manera conjunta en Microsoft Excel, Rstudio y con el software IBM SPSS Statistics v.29.0.1.0 con un nivel de significación fijado en 0.05.

4.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

A. EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN POR PARTE DEL COMITÉ DE ÉTICA

El presente estudio, así como los documentos de información al participante y de consentimiento informado (Anexo I), han sido aprobados por el Comité de Ética de la Escuela Superior de Ciencias de la Salud de TecnoCampus, para garantizar el cumplimiento de los aspectos éticos de la investigación (Anexo III).

B. HOJA DE INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES Y ENTIDAD Y EL DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Todos los participantes del estudio han sido informados por el investigador principal, de forma escrita, mediante la hoja de información al participante, la cual estará disponible en castellano, inglés y farsi. Todos los sujetos han aceptado participar en el presente estudio, se ha obtenido la firma del consentimiento informado, el cual también está disponible en castellano, inglés y farsi.

Además, el club también ha sido informado por el investigador principal, de forma oral y escrita, mediante la hoja de información al club (Anexo VIII), la cual está disponible en castellano, inglés y farsi. El club ha autorizado el presente estudio, se ha obtenido la firma de la autorización, la cual también está disponible en castellano, inglés y farsi.

C. PRINCIPIOS ÉTICOS Y CÓDIGO DEONTOLÓGICO

Durante el desarrollo del presente proyecto se han respetado en todo momento los principios éticos de la declaración de Helsinki (WMA, 2013), permitiendo que en cualquier momento los participantes hayan podido abandonar voluntariamente el estudio de forma libre, sin que eso suponga ningún perjuicio o cambio en el tratamiento habitualmente recibido, además de que se ha respetado el código deontológico de la Profesión de la Educación Física y Deportiva.

D. PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES

En el presente estudio se ha mantenido la confidencialidad de los datos personales de los participantes, de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD). Todos los datos recogidos han sido seudonimizados.

Todos los datos personales y archivos utilizados han sido almacenados en la carpeta de Google Drive del investigador principal con usuario de TecnoCampus, a la que únicamente tendrá acceso el estudiante de TFG. En caso de que un participante del estudio solicite el ejercicio de los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, se facilita el correo electrónico de contacto del investigador; asesma@edu.tecnocampus.cat.

Finalmente, al ser datos de individuos que pertenecen a una entidad y en un sector donde existe mucha competitividad, los datos han sido calificados como secreto empresarial de acuerdo a la Ley 1/2019, de 20 de febrero, de secretos empresariales y la Ley 3/1991, de 10 de enero, de competencia desleal, y preceptos del Código Penal.

5. RESULTADOS

Todas las variables siguen una distribución normal (Tabla 2), y se han expresado como (media \pm desviación estándar).

	Tests of Normality		
	Statistic	Shapiro-Wilk df	Sig.
Entropía Modulo	.910	16	.117
Entropía EJY	.948	16	.453
Entropía EJZ	.979	16	.957
Entropía EJX	.976	16	.926
Player Load min	.944	16	.401
Player Load total	.928	16	.231
High Dec Cnt	.943	16	.389
High Dec (m)	.923	16	.186
High Acc Player Load	.952	16	.519

Tabla 2. Test de normalidad (Shapiro-Wilk) para cada una de las variables.

Los resultados obtenidos para cada posición están resumidos en el Anexo VI. En primer lugar, en el análisis con el modelo lineal de variables mixtas (Anexo V) no se han encontrado diferencias significativas excepto en los metros decelerados del lateral derecho (RB) con el mediocentro (CM), con un valor de $p=0.042$.

En segundo lugar, los resultados del tamaño del efecto se resumen en las tablas que se presentan a continuación, se evalúan mediante diferencias de medias estandarizadas (Cohen's d) y sus respectivos intervalos de confianza del 95%. Los umbrales para las estadísticas del tamaño del efecto fueron $<0,20$, triviales; $0,20-0,59$, pequeño; $0,6-1,19$, moderado; $1,20-1,99$, grande; y >2.0 , muy grande (28), los cuales están limitados por las líneas rojas discontinuas que se presentan en los gráficos (Figuras 10-17). La figura del tamaño del efecto con el conjunto de variables entre posiciones de juego se encuentra en los Anexos (Anexo VII).

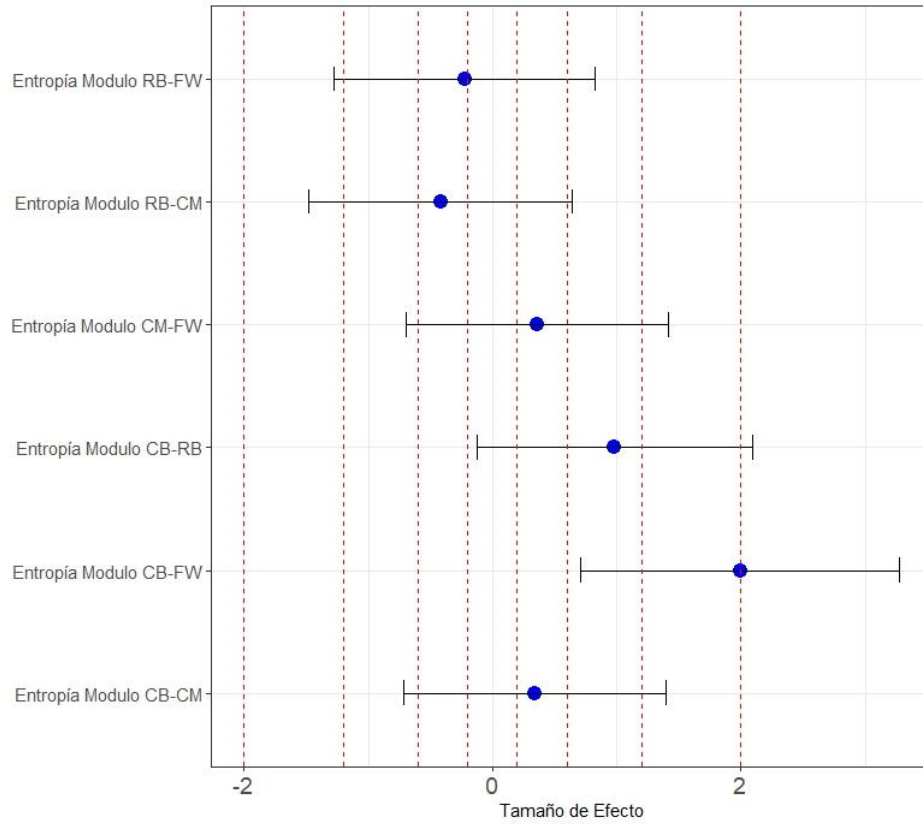


Figura 10. Effect size de la variable “Entropía Módulo” entre posiciones de juego

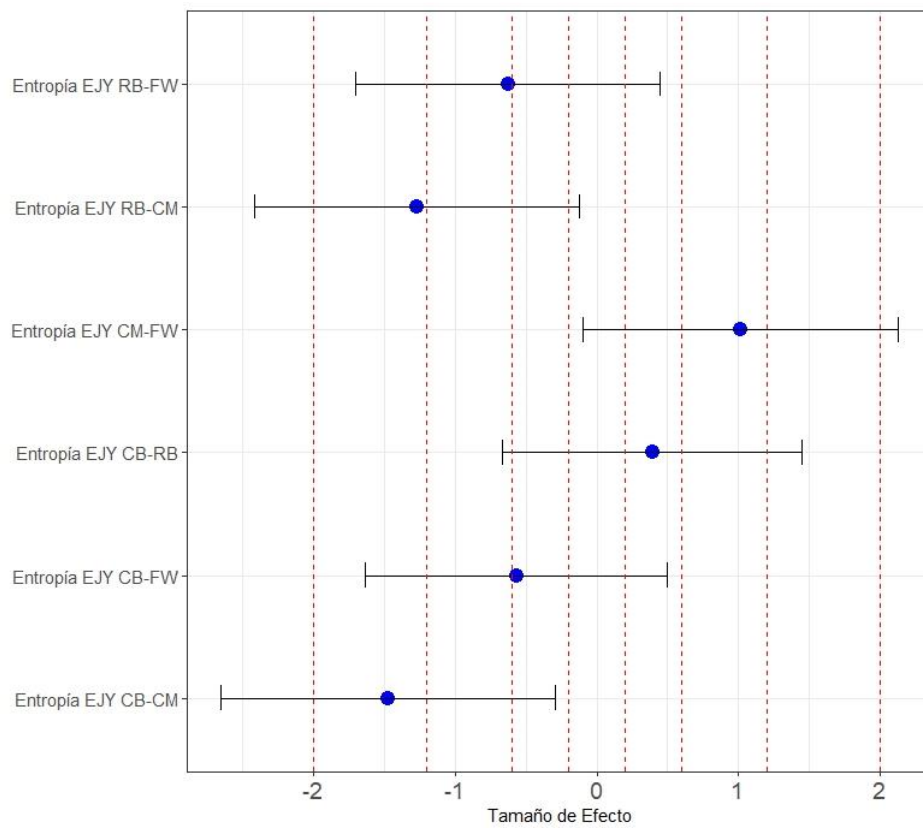


Figura 11. Effect size de la variable “Entropía EJE Y” entre posiciones de juego

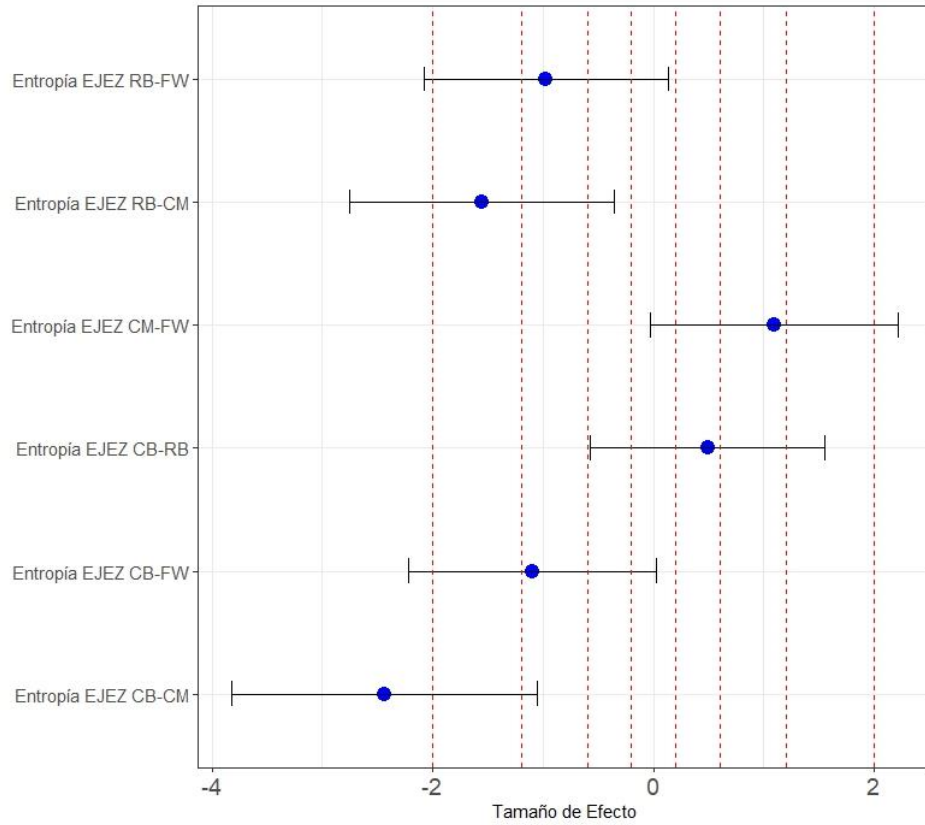


Figura 12. Effect size de la variable “Entropía EJE Z” entre posiciones de juego

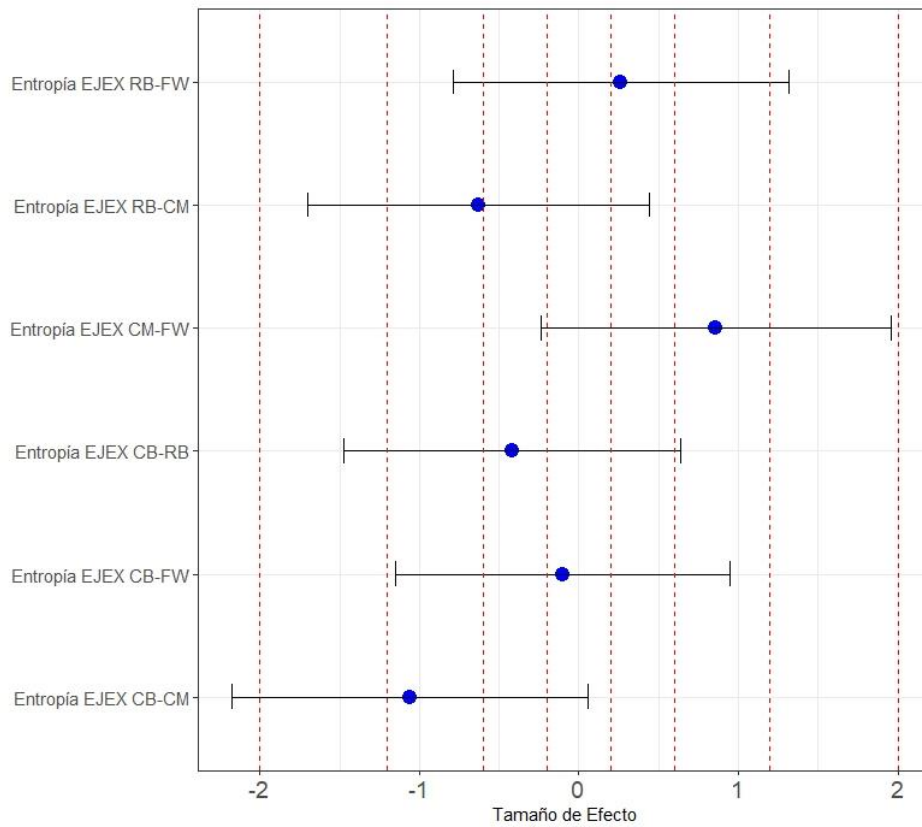


Figura 13. Effect size de la variable “Entropía EJE X” entre posiciones de juego

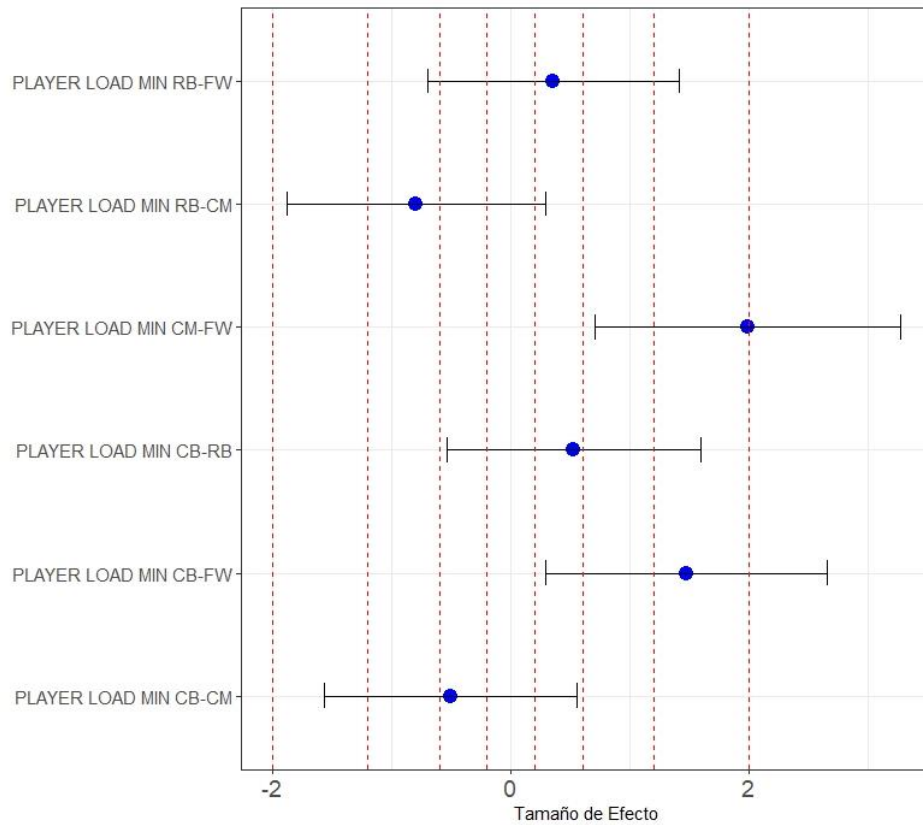


Figura 14. Effect size de la variable “Player Load/min” entre posiciones de juego

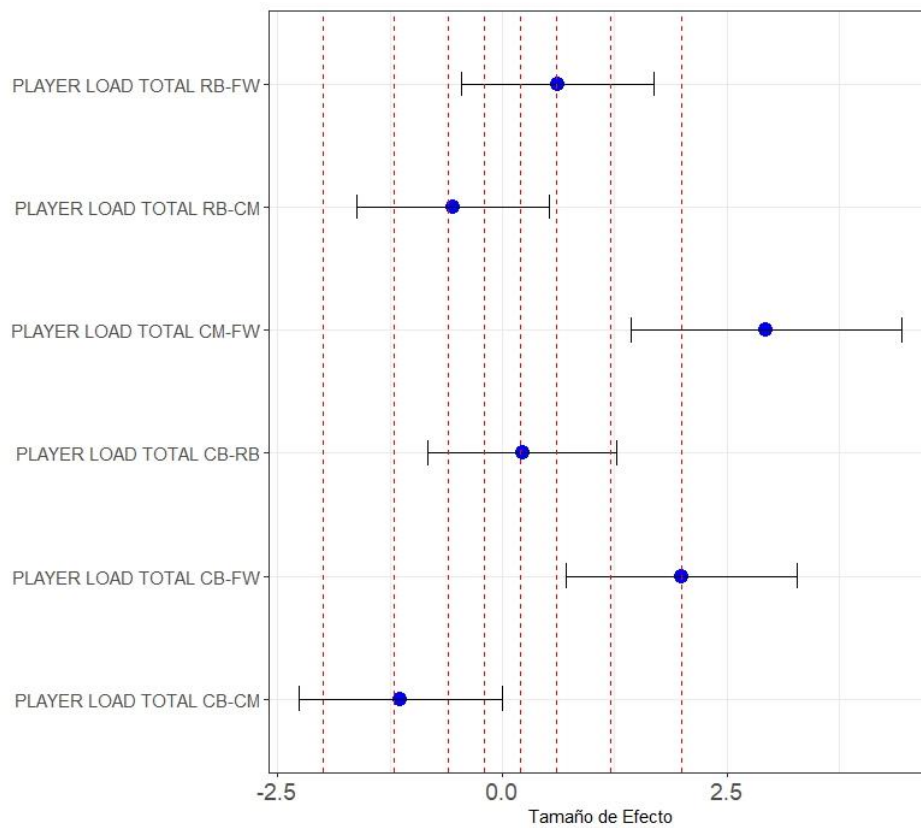


Figura 15. Effect size de la variable “Player Load total” entre posiciones de juego

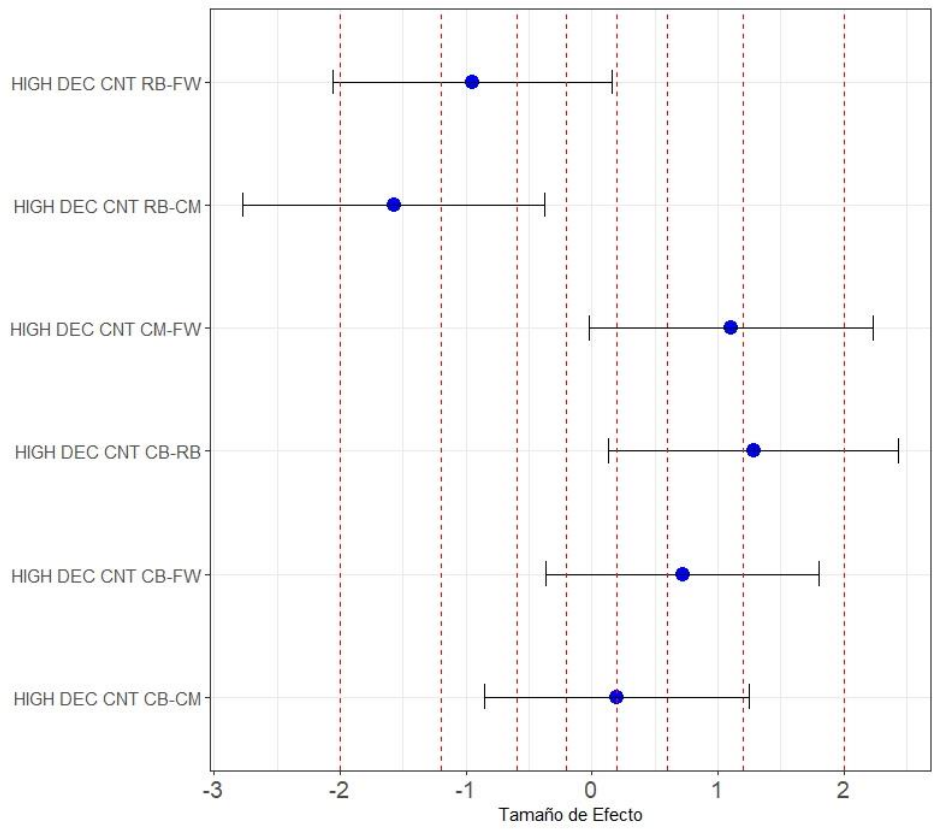


Figura 16. Effect size de la variable “High Dec Count” entre posiciones de juego

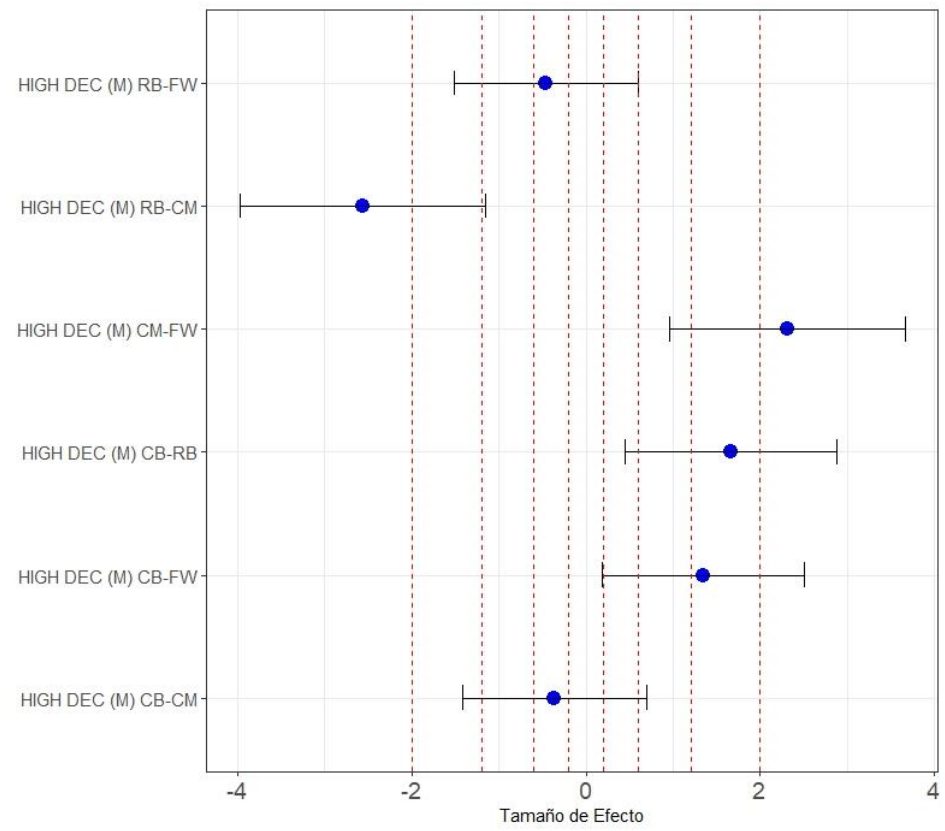


Figura 17. Effect size de la variable “High Dec meters” entre posiciones de juego

En tercer lugar, en las variables derivadas del acelerómetro, se obtiene que la entropía módulo medida en unidades arbitrarias (U.A.) ha sido en centrales (CB) de 0.43 ± 0.01 , en laterales (RB) de 0.45 ± 0.03 , en mediocentros (CM) de 0.44 ± 0.03 y en delanteros (FW) de 0.45 ± 0.002 . Si la desglosamos por ejes, en el eje Y (lateromedial) se ha obtenido 0.55 ± 0.01 en centrales, 0.57 ± 0.05 en laterales, 0.50 ± 0.04 en centrocampistas y 0.54 ± 0.02 en delanteros (U.A.). En el eje Z (anteroposterior) se encuentran valores de 0.57 ± 0.02 para centrales, 0.60 ± 0.08 en laterales, 0.51 ± 0.03 en centrocampistas y 0.54 ± 0.03 en delanteros (U.A.). Finalmente, en el eje X (craneocaudal) los valores son de 0.50 ± 0.01 en centrales, 0.49 ± 0.25 en laterales, 0.47 ± 0.03 en centrocampistas y 0.49 ± 0.02 en delanteros (U.A.) (Figura 18).

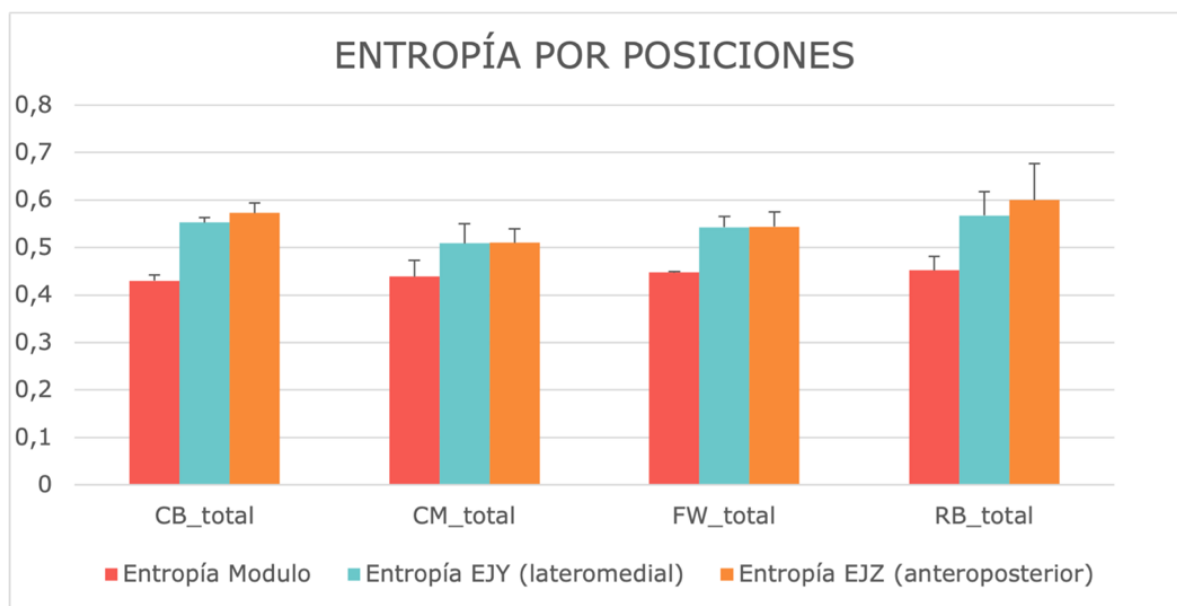


Figura 18. Entropía módulo, en el eje Z y en el eje Y por posiciones (U.A.)

Atendiendo a las variables derivadas del GPS, la Player Load total, medida en unidades arbitrarias ha sido en centrales (145.22 ± 8.55), en laterales (151.12 ± 36.42), en centrocampistas (136.71 ± 6.30) y delanteros (167.93 ± 13.66) (Figura 19). En cuanto a la Player load por minuto (U.A.), ha sido en centrales (1.46 ± 0.14), en laterales (1.60 ± 0.33), en centrocampistas (1.40 ± 0.12) y delanteros (1.69 ± 0.17).

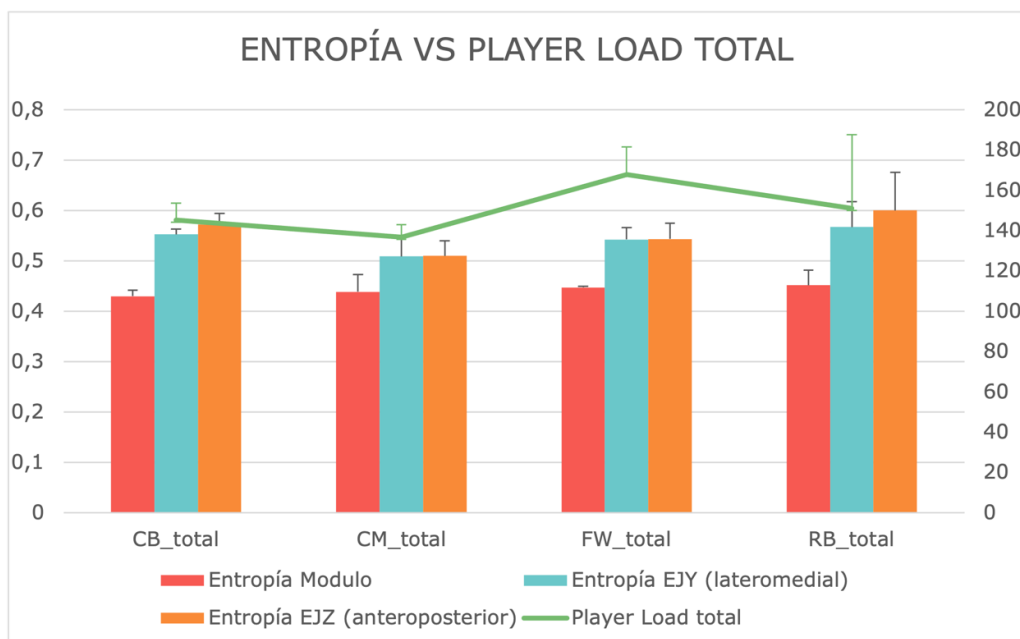


Figura 19. Entropía módulo, en el eje Z y en el eje Y por posiciones (U.A.)

Siguiendo con las últimas variables derivadas del GPS, se han obtenido de número de deceleraciones de alta intensidad en centrales (65 ± 22.69), en laterales (93.25 ± 21.38), en centrocampistas (68.25 ± 6.95) y en delanteros (77.50 ± 9.57) (Figura 20). Si se recogen los metros decelerados a alta intensidad, se obtienen en centrales (399.85 ± 120.68), en laterales (591.73 ± 109.97), en centrocampistas (365.46 ± 59.03) y en delanteros (544.97 ± 92.87) (Figura 21). Con estas dos variables, se pueden obtener los metros promedio que realiza cada posición en una deceleración (Figura 22), siendo en centrales (6.22 ± 0.64), en laterales (6.43 ± 0.65), en centrocampistas (5.33 ± 0.35) y en delanteros (7.00 ± 0.40).

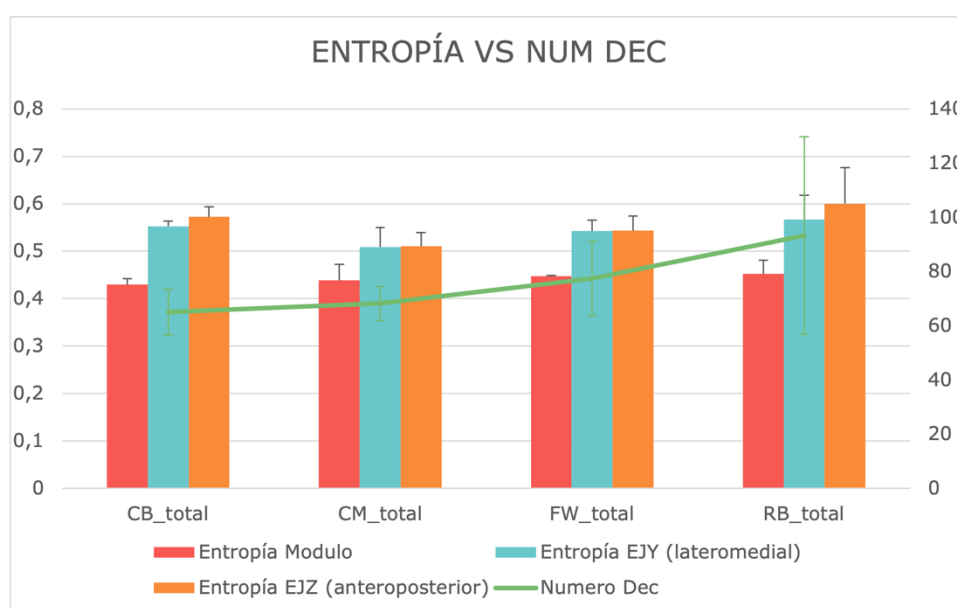


Figura 20. Entropía módulo, en el eje Z y en el eje Y (U.A.) frente al número de deceleraciones

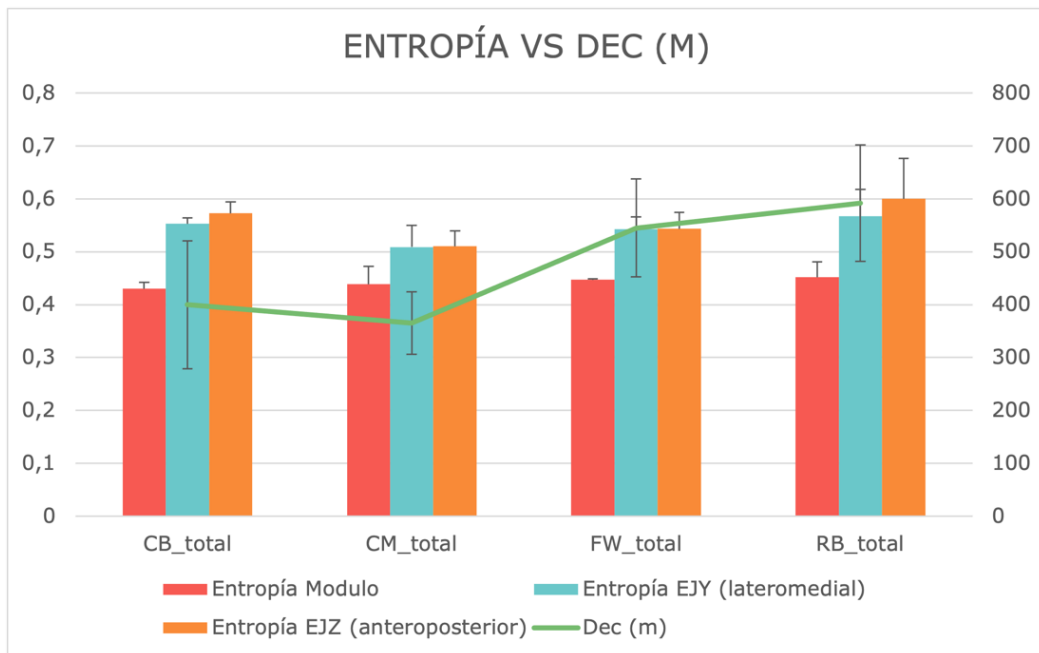


Figura 21. Entropía módulo, en el eje Z y en el eje Y (U.A.) frente a los metros decelerados.

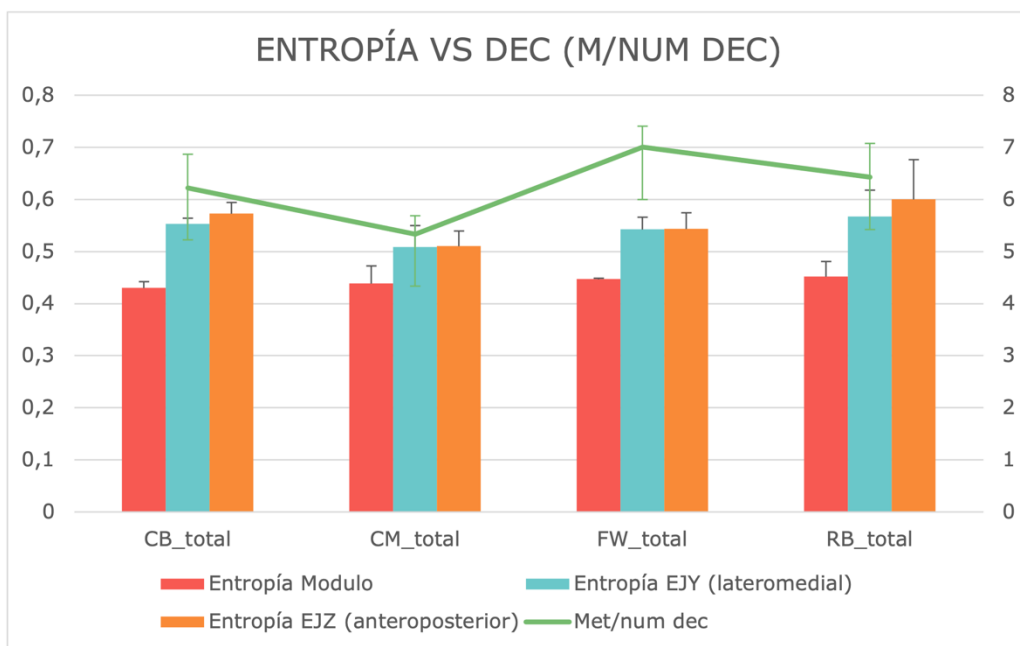


Figura 22. Entropía módulo, en el eje Z y en el eje Y (U.A.) frente al promedio de metros decelerados en cada deceleración.

Por último, se muestra la figura con el análisis del coeficiente de correlación de Pearson (Figura 23) entre las variables estudiadas.

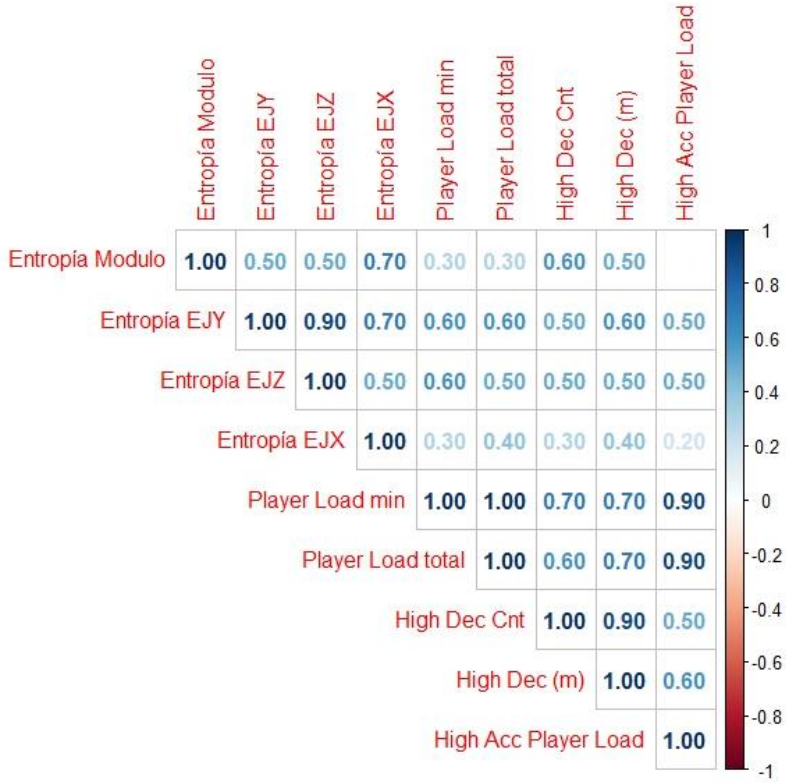


Figura 23. Coeficiente de correlación de Pearson entre variables estudiadas.

6. DISCUSIÓN

Este trabajo ha logrado crear perfiles decelerativos por posiciones en fútbol masculino de manera cualitativa y cuantitativa, mediante el uso del GPS y de la acelerometría. En base a mi conocimiento, no hay evidencia científica que haya realizado este tipo de análisis cualitativo previamente en fútbol masculino. No obstante, un estudio de Oliva-Lozano JM (29) concluyó de manera cuantitativa que la distancia en metros recorrida en deceleraciones de alta intensidad por futbolistas de la segunda división española, también a partir de -3 m/s^2 , fue de 229.9 ± 43.0 en centrales, 271.2 ± 66.3 en laterales, 228.7 ± 54.5 en centrocampistas y 259.2 ± 55.9 en delanteros. Estos datos son menores a los recogidos en este trabajo; en centrales ha sido de 399.85 ± 120.68 , en laterales 591.73 ± 109.97 , en centrocampistas 365.46 ± 59.03 y delanteros 544.97 ± 92.87 . Asimismo, en el estudio de Oliva-Lozano JM (29) la cantidad de este tipo de deceleraciones de alta intensidad fue de 50.9 ± 8.6 en centrales, 54.1 ± 13.3 en laterales, 54.8 ± 12.4 en centrocampistas y 55.2 ± 12.21 en delanteros. Estos datos vuelven a ser menores a los recogidos en este trabajo; 65.0 ± 22.69 en centrales, 93.25 ± 21.37 en laterales, 68.25 ± 6.95 en centrocampistas y 77.5 ± 9.57 en delanteros. Posiblemente, esta diferencia tan clara tenga relación con la disparidad de nivel entre competiciones, ya que en este trabajo el equipo analizado milita en la primera división de la República Islámica de Irán y actualmente compite en las rondas finales de la AFC Champions League (ACL) de Asia, mientras que el equipo estudiado por Oliva-Lozano JM y colaboradores compite en la segunda liga profesional de España. Asimismo, estos datos podrían explicarse en función del sistema táctico empleado por el equipo analizado, un esquema 4-2-3-1 que impone mayores exigencias físicas al delantero debido a su rol de único punta y a la presencia de grandes espacios en los carriles laterales del campo, donde los defensas laterales deben cubrir mayores distancias. Por otro lado, la utilización de un doble pivote podría disminuir la carga física en los mediocentros, en comparación con otros sistemas tácticos.

Hay diferencias significativas en los metros de deceleración realizados por los laterales frente a los centrocampistas ($p=0.042$). Asimismo, claramente existen perfiles de deceleración diferentes según la posición de juego si observamos el tamaño del efecto, sin embargo, debido al tamaño reducido de la muestra ($N=7$), es muy difícil ver diferencias significativas en las demás variables. Tal y como se analiza en este artículo (30), existen defectos en la metodología de investigación en las ciencias del deporte y las pruebas significativas de hipótesis nulas bajo el enfoque frecuentista, sugiriendo un cambio hacia un modelo de inferencia basado en la magnitud. También es importante destacar la limitación del uso del p-valor como única medida de significación estadística en la investigación. Nunca se debe utilizar como sustituto de la evaluación crítica en el diseño y análisis de los estudios (31). Es por ello que en este trabajo se usan los tamaños del efecto (Effect Sizes) y en este análisis sí que se ven diferencias

moderadas, grandes y muy grandes entre posiciones. En la mayoría de las variables, el tamaño del efecto es de moderado a muy grande entre centrocampistas y delanteros y/o laterales. También hay diferencias entre la posición de defensa central y delantero para muchas de las variables, por ejemplo, en la entropía módulo o la *Player Load* total. Como hemos comentado anteriormente, el sistema de juego puede jugar un papel importante en las exigencias físicas de los jugadores.

En cuanto a la entropía, existen relaciones moderadas con las variables que nos aporta el GPS, por ello parece necesario incluir este tipo de análisis cualitativo de las acciones específicas del fútbol para no solamente evaluar el "output" de manera cuantitativa, como se realiza en el estudio de Oliva-Lozano y colaboradores (29), sino que también es importante evaluar cómo se ejecutan estas acciones. No obstante, sigue siendo importante el análisis cuantitativo de este tipo de acciones, debido a que son dos variables complementarias que nos muestran, en este caso, cómo y cuánto han decelerado los jugadores a alta intensidad.

Además, la entropía módulo es similar en todas las posiciones, sin embargo, al desglosarla por ejes de movimiento (anteroposterior y mediolateral), los centrocampistas y delanteros muestran un valor de entropía similar en cada uno de ellos, mientras que, en los perfiles defensivos; laterales y centrales, obtienen un valor de entropía mayor que los perfiles ofensivos y asimétrica en sus ejes, siendo mayor en el eje anteroposterior. Esto se traduce en que existe mayor caos en las deceleraciones de los perfiles defensivos, seguramente debido a la incertidumbre que se genera al tener un oponente y estar a la espera de la acción que éste realice. Muchas de estas acciones se pueden asemejar al mecanismo lesional típico de rotura de ligamento cruzado anterior (LCA), conocido como "*Pressing*". Si esta acción tiene unos valores mayores de entropía que el resto, puede contribuir a generar una inestabilidad y/o variabilidad en el control motor, que sumado a los demás factores de riesgo puede aumentar el riesgo de lesión del LCA.

A la luz de estos resultados, parece recomendable incorporar el entrenamiento de desaceleraciones en el programa de entrenamiento de fuerza, introduciendo elementos que generen incertidumbre y demanden una adaptación constante por parte del deportista, así como ha realizado Fernández-Valdés y colaboradores en jugadores de élite de rugby (32), observando una disminución de la variabilidad de movimiento con este tipo de entrenamiento. En consecuencia, se puede tomar la entropía como una variable más en el control del entrenamiento de fuerza de las desaceleraciones de alta intensidad ya que éstas son difíciles de monitorizar.

Por último, existe una correlación casi perfecta entre el promedio de metros necesarios para realizar una deceleración de alta intensidad con la Player Load de ese jugador. Este hallazgo es lógico debido a que, a mayor distancia para decelerar, mayor es la intensidad media de esta acción, por lo que contribuye al aumento de la Player Load. Asimismo, en fútbol se realizan más deceleraciones que aceleraciones (29) por lo que es racional que exista esta correlación. Por ello, la cantidad de deceleraciones o los metros decelerados a alta intensidad no contribuyen tanto a la PL como la intensidad de éstas. En este trabajo se observa de manera clara ya que los laterales son los que más metros deceleran y más deceleraciones realizan, pero no son los que mayor Player Load tienen. Sin embargo, los delanteros son los que más metros necesitan para decelerar (7 metros aproximadamente), y los que mayor Player Load muestran.

7. LIMITACIONES

La principal limitación de este trabajo es el reducido tamaño de la muestra (N=7). Además, todos pertenecen al mismo equipo, por lo que estos resultados pueden no representar a toda la población objetivo, en este caso, a los futbolistas profesionales masculinos. En la posición de delantero (FW) no ha sido posible analizar a jugadores diferentes debido a la realización del estudio en un ámbito de alto rendimiento, donde la competitividad prima por encima de la investigación, y el poder de decisión sobre el 11 inicial lo tiene el entrenador. No obstante, en todas las posiciones restantes se han analizado a dos jugadores diferentes.

8. CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra que existen diferencias por posición de juego en las deceleraciones de alta intensidad en futbolistas profesionales masculinos, tanto a nivel cuantitativo como a nivel cualitativo. A nivel defensivo se encuentran mayores niveles de variabilidad de movimiento en la deceleración de alta intensidad, seguramente debido a la incertidumbre del juego. En cambio, en los delanteros, las deceleraciones que realizan son de mayor intensidad, por lo que tienen un impacto directo en la Player Load de estos.

En conclusión, parece relevante estudiar las diferentes acciones específicas del fútbol mediante análisis lineales y no lineales, debido a la valiosa información que estos nos aportan sobre la calidad y la cantidad de estas, además, de manera individualizada.

9. IMPLICACIONES EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL

Estos resultados dan una información valiosa para los staff técnicos de los equipos de fútbol profesionales sobre cómo entrenar las deceleraciones de alta intensidad en el campo.

En primer lugar, se debe aplicar el trabajo de deceleraciones de alta intensidad de manera individualizada, ya que existen diferencias en los perfiles decelerativos por posiciones de juego. En este caso, se debe aplicar incertidumbre como condicionante de la tarea para los perfiles defensivos, sobre todo en el eje anteroposterior. Asimismo, en los perfiles más ofensivos, por ejemplo, los delanteros, se tienen que realizar deceleraciones ofensivas de alta intensidad, donde necesiten aproximadamente 7 metros para poder realizar la deceleración. Además, se sabe que, a mayor intensidad de la deceleración, mayores metros necesita el jugador para decelerar, y esto tiene un impacto directo en su Player Load.

En segundo lugar, la variable de entropía nos muestra la variabilidad de movimiento del jugador durante una acción específica, por ello, nos puede servir de métrica para monitorizar la carga del entrenamiento de fuerza específico en las deceleraciones de alta intensidad, viendo si se consigue una adaptación al entrenamiento, disminuyendo así este valor de entropía, y si es así, añadir otro condicionante para hacer la tarea más inestable y seguir produciendo adaptaciones en el jugador.

Por último, este tipo de análisis se puede realizar con muchas otras acciones específicas del fútbol, como las aceleraciones o cambios de dirección, entre otras. En consecuencia, puede resultar interesante aplicar este trabajo a otras acciones del fútbol profesional para tener datos cuantitativos y cualitativos y ser así más eficaces a la hora de entrenarlas.

A futuro, sería interesante automatizar estos procesos de estudio de la señal que nos aporta el acelerómetro, ya que en estos momentos es muy laborioso y no es eficiente dentro de un staff técnico. Asimismo, sería interesante aumentar el tamaño de la muestra y la temporalidad de esta, además de trasladar el análisis a otros equipos de fútbol profesionales. Posiblemente así, se pueda llegar a determinar un grado de entropía óptimo para cada acción específica del juego y para cada posición, y valorar así la entrenabilidad de estas acciones y la relación que puedan tener con el riesgo de lesión.

A modo de conclusión personal, estoy interesado en explorar cómo se pueden usar las técnicas de procesamiento de señales y análisis de datos para mejorar el rendimiento deportivo y prevenir lesiones en los atletas. Quiero explorar cómo se pueden usar los algoritmos de aprendizaje automático para analizar grandes volúmenes de datos biométricos y de rendimiento, como los obtenidos de estos

sensores inerciales. Espero que mi investigación contribuya al desarrollo de herramientas y técnicas de análisis de datos deportivos más sofisticadas que puedan mejorar significativamente el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones, para en un futuro, presentar los datos analizados de manera efectiva a los entrenadores y atletas para ayudarlos a tomar decisiones informadas sobre su entrenamiento y rendimiento.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gustin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2017 Apr 1 [cited 2023 Feb 5];12(Suppl 2):161–70. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28463642/>
2. Malone JJ, Lovell R, Varley MC, Coutts AJ. Unpacking the Black Box: Applications and Considerations for Using GPS Devices in Sport. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2017 Apr 1 [cited 2023 Feb 5];12(s2):S2-18. Available from: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/12/s2/article-pS2-18.xml>
3. Larsson P. Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Med* [Internet]. 2003 [cited 2023 Feb 5];33(15):1093–101. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14719979/>
4. Boyd LJ, Ball K, Aughey RJ. The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2011 [cited 2023 Feb 5];6(3):311–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21911857/>
5. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, Roman JS, Castagna C. Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2013 Feb [cited 2023 Feb 5];27(2):369–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22465992/>
6. Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, Ibáñez SJ, Pino-Ortega J. Accelerometry as a method for external workload monitoring in invasion team sports. A systematic review. *PLoS One* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2023 Feb 5];15(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32841239/>
7. Edwards S, White S, Humphreys S, Robergs R, O'Dwyer N. Caution using data from triaxial accelerometers housed in player tracking units during running. *J Sports Sci* [Internet]. 2019 Apr 3 [cited 2023 Mar 18];37(7):810–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30306824/>
8. McLean BD, Cummins C, Conlan G, Duthie G, Coutts AJ. The Fit Matters: Influence of Accelerometer Fitting and Training Drill Demands on Load Measures in Rugby League Players. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2018 Sep 1 [cited 2023 Mar 16];13(8):1083–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29431556/>
9. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Delisle Nyström C, Mora-Gonzalez J, Löf M, et al. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med* [Internet]. 2017 Sep 1 [cited 2023 Feb 6];47(9):1821–45. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28303543/>

10. García-Aguilar F, Caballero C, Sabido R, Moreno FJ. The use of non-linear tools to analyze the variability of force production as an index of fatigue: A systematic review. *Front Physiol* [Internet]. 2022 Dec 14 [cited 2023 May 14];13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36589460/>
11. Stevens TGA, de Ruiter CJ, van Niel C, van de Rhee R, Beek PJ, Savelsbergh GJP. Measuring acceleration and deceleration in soccer-specific movements using a local position measurement (LPM) system. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2014 [cited 2023 Feb 5];9(3):446–56. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24509777/>
12. Ehrmann FE, Duncan CS, Sindhusake D, Franzsen WN, Greene DA. GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2023 Feb 6];30(2):360–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26200191/>
13. Guitart M, Casals M, Casamichana D, Cortés J, Valle FX, McCall A, et al. Use of GPS to measure external load and estimate the incidence of muscle injuries in men’s football: A novel descriptive study. *PLoS One* [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2023 Feb 6];17(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35120156/>
14. Cummins C, Orr R, O’Connor H, West C. Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med* [Internet]. 2013 Oct [cited 2023 Feb 6];43(10):1025–42. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23812857/>
15. Oliva-Lozano JM, Gómez-Carmona CD, Fortes V, Pino-Ortega J. Effect of training day, match, and length of the microcycle on workload periodization in professional soccer players: a full-season study. *Biol Sport* [Internet]. 2022 [cited 2023 Jan 8];39(2):397–406. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35309541/>
16. Djaoui L, Owen A, Newton M, Nikolaidis PT, Dellal A, Chamari K. Effects of congested match periods on acceleration and deceleration profiles in professional soccer. *Biol Sport* [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 3];39(2):307–17. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35309525/>
17. Reche P, Cardona Nieto D, Díaz Suárez A, Gómez Carmona CD, Pino Ortega J. Acelt y player load: Dos variables para la cuantificación de la carga neuromuscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, ISSN-e 1577-0354, Vol 20, N° 77, 2020, págs 167-183 [Internet]. 2020 [cited 2023 Apr 14];20(77):167–83. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7282824&info=resumen&idioma=ENG>
18. Scott MTU, Scott TJ, Kelly VG. The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2016 May 1 [cited 2023 Feb 6];30(5):1470–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26439776/>

19. Johnston RJ, Watsford ML, Kelly SJ, Pine MJ, Spurr RW. Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2014 [cited 2023 Feb 6];28(6):1649–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24276300/>
20. Guilhem G, Doguet V, Hauraix H, Lacourpaille L, Jubeau M, Nordez A, et al. Muscle force loss and soreness subsequent to maximal eccentric contractions depend on the amount of fascicle strain in vivo. *Acta Physiol (Oxf)* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2023 Mar 20];217(2):152–63. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26786411/>
21. Harper DJ, Carling C, Kiely J. High-Intensity Acceleration and Deceleration Demands in Elite Team Sports Competitive Match Play: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Sports Med* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2023 Feb 12];49(12):1923–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31506901/>
22. Couceiro M, Clemente F, Dias G, Mendes P, Martins F, Mendes R. On an Entropy-based Performance Analysis in Sports. 2014 Nov 3 [cited 2023 Mar 29];a008. Available from: https://www.researchgate.net/publication/273697010_On_an_Entropy-based_Performance_Analysis_in_Sports
23. Chambers R, Gabbett TJ, Cole MH, Beard A. The Use of Wearable Microsensors to Quantify Sport-Specific Movements. *Sports Med* [Internet]. 2015 Jul 20 [cited 2023 Mar 29];45(7):1065–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25834998/>
24. Buchheit M, Lacombe M, Cholley Y, Simpson BM. Neuromuscular Responses to Conditioned Soccer Sessions Assessed via GPS-Embedded Accelerometers: Insights Into Tactical Periodization. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2023 Feb 5];13(5):577–83. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28872370/>
25. Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [Internet]. 2000 [cited 2023 May 9];278(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10843903/>
26. Bastida Castillo A, Gómez Carmona CD, De la cruz sánchez E, Pino Ortega J. Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2018 Apr 21 [cited 2023 May 3];18(4):450–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29385963/>
27. Goldberger AL, Amaral LA, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PC, Mark RG, et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation* [Internet]. 2000 [cited 2023 May 9];101(23). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10851218/>

28. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2009 Jan [cited 2023 May 9];41(1):3–12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19092709/>
29. Oliva-Lozano JM, Fortes V, Krstrup P, Muyor JM. Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PLoS One* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2023 May 8];15(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32760122/>
30. Bernardis JR, Sato K, Haff GG, Bazylar CD. Current research and statistical practices in sport science and a need for change. *Sports*. 2017 Dec 1;5(4).
31. Dick F, Tevaearai H. Significance and Limitations of the p Value. *European Journal of Vascular & Endovascular Surgery* [Internet]. 2015 [cited 2023 May 14];50:815. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.07.026>
32. Fernández-Valdés B, Sampaio J, Exel J, González J, Tous-Fajardo J, Jones B, et al. The Influence of Functional Flywheel Resistance Training on Movement Variability and Movement Velocity in Elite Rugby Players. *Front Psychol* [Internet]. 2020 Jun 30 [cited 2023 May 8];11:1205. Available from: </pmc/articles/PMC7338676/>

11.ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

I.	INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES Y CONSENTIMIENTO INFORMADO TIPO	41
II.	AUTORIZACIÓN TIPO POR PARTE DEL CLUB	47
III.	APROBACIÓN COMITÉ DE ÉTICA	51
IV.	TABLA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES	52
V.	MODELO LINEAL DE VARIABLES MIXTAS	54
VI.	TABLAS DE RESULTADOS POR POSICIONES	56
VII.	EFFECT SIZE DEL CONJUNTO DE VARIABLES	58
VIII.	CONSENTIMIENTOS INFORMADOS FIRMADOS Y AUTORIZACIÓN CLUB	59

ANEXO I. INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES Y CONSENTIMIENTO INFORMADO

CASTELLANO - INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES

El/la estudiante ANDONI SESMA MENDEZA del grado CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE, dirigido/a por BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA, está llevando a cabo el proyecto de investigación CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES.

El proyecto tiene como finalidad la creación de una señal de 100Hz combinada con la señal GPS y el acelerómetro en las deceleraciones de alta intensidad en futbolistas profesionales. En primer lugar, se guardarán los archivos de manera seudominizada para analizarlos en el software SPro (Realtrack Systems, Almería, España) y, en segundo lugar, se exportará la nueva señal a Excel para analizarla y sacar conclusiones. En el proyecto participan los siguientes centros de investigación: TecnoCampus Mataró-Maresme, centro adscrito a la Universidad Pompeu Fabra. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para aportar nuevas ideas sobre la monitorización de la carga en los deportes de equipo mediante el uso del acelerómetro, ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión; futbolista profesional, uso diario de dispositivo de medición inercial en las sesiones, sin lesión en el momento de la firma de este documento.

Esta colaboración implica llevar el dispositivo individual de medición inercial WIMUPro que habitualmente lleva en todas las sesiones, un total de 4 partidos como máximo.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante la cuenta de Google Drive del investigador principal asociada a la Universidad TecnoCampus Mataró-Maresme, y únicamente tendrá acceso el estudiante.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del correo: asesma@edu.tecnocampus.cat.

CASTELLANO - CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI/PASAPORTE [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio.

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A: Participar en el proyecto CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES.

Que ANDONI SESMA MENDEZA y su director/a BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En [CIUDAD], a [DIA/MES/AÑO] [FIRMA PARTICIPANTE] [FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL DIRECTOR/A]

INGLÉS - INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES

The student ANDONI SESMA MENDEZA of the SCIENCES OF PHYSICAL ACTIVITY AND SPORTS degree, directed by BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA, is carrying out the research project CREATION OF A NEW COMBINED SIGNAL THROUGH THE USE OF GPS AND ACCELEROMETER TO THE ANALYSIS OF DECELERATIONS IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS.

The purpose of the project is the creation of a 100Hz signal combined with the GPS signal and the accelerometer in high intensity decelerations in professional soccer players. First of all, the files will be saved in a pseudo-mastered way to analyze them in the SPro software (Realtrack Systems , Almería, Spain) and, secondly, the new signal will be exported to Excel to analyze it and draw conclusions. The following research centers participate in the project: TecnoCampus Mataró-Maresme, a center attached to Pompeu Fabra University. In the context of this research, we ask for your collaboration to provide new ideas on load monitoring in team sports using the accelerometer, since you meet the following inclusion criteria; professional soccer player, daily use of an inertial measurement device during sessions, without injury at the time of signing this document.

WIMUPro inertial measurement device that he usually wears in all sessions, a total of 4 matches maximum.

All participants will be assigned a code, so it is impossible to identify the participant with the answers given, fully guaranteeing confidentiality. The data obtained from your participation will not be used for any purpose other than that specified in this research and will become part of a data file, for which the principal investigator will be ultimately responsible. Said data would be protected through the Google Drive account of the principal investigator associated with the TecnoCampus Mataró-Maresme University, and only the student will have access.

The study data file will be under the responsibility of the main researcher, before whom you can exercise at any time the rights established by Organic Law 3/2018, of December 5, on the protection of personal data and guarantee of digital rights and General Regulation (EU) 2016/679, of April 27, 2016, on data protection (RGPD).

All participants have the right to withdraw at any time from part or all of the study, without expression of cause or reason and without consequences. They also have the right to have their possible doubts clarified before agreeing to participate and to know the results of their tests.

We are at your disposal to answer any questions that may arise. You can contact us by email: asesma@edu.tecnocampus.cat.

INGLÉS - CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

I, [NAME AND SURNAME OF THE PARTICIPANT], of legal age, with DNI/PASSPORT [IDENTIFICATION NUMBER], acting in my own name and interest.

I DECLARE THAT:

I have received information about the project CREATION OF A NEW COMBINED SIGNAL THROUGH THE USE OF GPS AND ACCELEROMETER FOR THE ANALYSIS OF DECELERATIONS IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS , for which I have been given an information sheet attached to this consent and for which my participation is requested. I have understood its meaning, my doubts have been clarified and the actions that derive from it have been exposed to me. I have been informed of all aspects related to confidentiality and data protection regarding the management of personal data involved in the project and the guarantees taken in compliance with Organic Law 3/2018, of December 5, on the protection of personal data and guarantee of digital rights and the General Regulation (EU) 2016/679, of April 27, 2016, on data protection (RGPD).

My collaboration in the project is totally voluntary and I have the right to withdraw from it at any time, revoking this consent, without this withdrawal having a negative influence on me in any way. In case of withdrawal, I have the right to have my data deleted from the study file.

Likewise, I waive any economic, academic or any other benefit that may be derived from the project or its results.

For all this,

I GIVE MY CONSENT TO:

1. Participate in the project CREATION OF A NEW COMBINED SIGNAL THROUGH THE USE OF GPS AND ACCELEROMETER FOR THE ANALYSIS OF DECELERATIONS IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS.
2. That ANDONI SESMA MENDAZA and its director BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA can manage my personal data and disseminate the information generated by the project. It is guaranteed that my identity and privacy will be preserved at all times, with the guarantees established in Organic Law 3/2018, of December 5, on the protection of personal data and guarantee of digital rights and the General Regulation (EU) 2016/ 679, of April 27, 2016, on data protection (RGPD).
3. That the researchers keep all the records made on me in electronic support, with the guarantees and the legally established deadlines, if they were established, and in the absence of legal provision, for the time necessary to fulfill the functions of the project for which the data was collected.

In [CITY], to [DAY/MONTH/YEAR]

[SIGNATURE OF PARTICIPANT]
PRINCIPAL]

[SIGNATURE OF STUDENT] [SIGNATURE OF

FARSI - INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES

جهت اطلاع شرکت کنندگان در این پروژه

آقای اندونی سسما مندازا، دانشجوی کارشناسی رشته علوم تربیت بدنی و ورزش، به همراه آقای برونو فرناندز والدز ویا به عنوان مدیر، در این پروژه تحقیقاتی فعالیت میکنند. این پروژه درباره ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید با استفاده از جی پی اس و شتاب سنج برای بررسی کاهش شتاب است.

هدف از این پروژه ایجاد سیگنال 100 هرتز همراه با سیگنال جی پی اس و شتاب سنج در کاهش سرعت با شدت بالا در بازیکنان حرفه ای فوتبال است. شایان ذکر است این فایل ها به صورت نام مستعار ذخیره می شوند تا در نرم افزار spro آلمریا، اسپانیا تجزیه و تحلیل شوند و ثانیاً سیگنال جدید برای تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری به اکسل صادر می شود.

مراکز تحقیقاتی زیر در این پروژه مشارکت دارند :

TecnoCampus Mataró-Maresme, centro adscrito a la Universidad Pompeu Fabra

هدف این پروژه ارائه ایده های جدید در مورد کنترل فشار در ورزش های تیمی با استفاده از شتاب سنج است. در چارچوب این تحقیق از شما درخواست همکاری کردیم، زیرا شما معیارهای مربوطه را دارید: بازیکن حرفه ای فوتبال هستید، استفاده روزانه از دستگاه اندازه گیری اینرسی در طول جلسات، و در زمان امضای این برگه آسیب دیدگی ندارید.

این همکاری شامل حمل حداکثر 4 مسابقه دستگاه اندازه گیری اینرسی (WIMUPro) است که معمولاً در تمام تمرینات حمل میکنید.

به همه شرکت کنندگان یک کد اختصاص داده می شود، بنابراین شناسایی شرکت کننده با پاسخ های داده شده غیرممکن است و کاملاً محرمانه بودن را تضمین می کند. داده های به دست آمده از مشارکت شما برای هدفی غیر از آنچه در این تحقیق مشخص شده است استفاده نمی شود و به بخشی از یک فایل داده تبدیل می شود که مسئولیت نهایی آن بر عهده محقق اصلی خواهد بود. داده های گفته شده از طریق حساب محقق اصلی مرتبط با دانشگاه محافظت می شوند و فقط دانشجوی مربوطه به آن دسترسی خواهد داشت.

مسئولیت فایل داده های مطالعه بر عهده محقق اصلی خواهد بود که می توانید در هر زمان از حقوق مقرر در قانون 2018/3 مورخ 5 دسامبر در مورد حفاظت از داده های شخصی و تضمین حقوق دیجیتال و مقررات عمومی استفاده کنید (EU) 2016/679، از 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها. (RGPD)

همه شرکت کنندگان حق دارند در هر زمان از بخشی یا کل مطالعه، بدون بیان دلیل، کناره گیری کنند. آنها همچنین حق دارند قبل از موافقت با مجموعه، شک و تردیدهای احتمالی خود را بیان و از نتایج آزمایشات خود مطلع شوند.

برای پاسخگویی به سوالاتی که ممکن است پیش بیاید در خدمت شما هستیم.

می توانید از طریق ایمیل با ما تماس بگیرید. asesma@edu.tecnocampus.cat

FARSI – CONSENTIMIENTO INFORMADO

رضایت آگاهانه شرکت کننده

اینجانب.....، با شماره ملی یا گذرنامه علاقه خود به شرکت در این پروژه را اعلام می کنم.

اینجانب اعلام می کنم:

اطلاعاتی در مورد پروژه ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید از طریق استفاده از GPS و شتاب سنج برای تجزیه و تحلیل کاهش سرعت در فوتبال ایست های حرفه ای دریافت کرده ام برای آن یک برگه اطلاعاتی ضمیمه این درخواست به من داده شده است و در آن شرکت من نیز در آن اعلام شده است. معنای آن را متوجه، شبهاتم روشن شد و اعمالی که از آن ناشی می شود بر من آشکار شد. من از تمام جنبه های مربوط به محرمانگی و حفاظت از داده ها در مورد مدیریت داده های شخصی درگیر در پروژه و ضمانت های اتخاذ شده مطابق با قانون 2018/3، مورخ 5 دسامبر، در مورد حفاظت از داده های شخصی و تضمین دیجیتال مطلع شده ام. حقوق و مقررات عمومی 2016/679 (EU)، 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها. (RGPD)

همکاری من در پروژه کاملاً داوطلبانه است و من این حق را دارم که در هر زمان با لغو این رضایت از آن انصراف دهم، بدون اینکه این انصراف به هیچ وجه بر من تأثیر منفی بگذارد. در صورت انصراف، این حق را دارم که اطلاعات خود را از پرونده حذف کنم.

به همین ترتیب، من از هرگونه سود اقتصادی، دانشگاهی یا هر مزیت دیگری که ممکن است از پروژه یا نتایج آن حاصل شود چشم‌پوشی می کنم.

اینجانب رضایت خود را به موارد زیر اعلام می کنم:

1. شرکت در پروژه ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید از طریق استفاده از GPS و شتاب سنج برای تجزیه و تحلیل کاهش سرعت در بازیکنان حرفه ای فوتبال.

2. آقای اندونی سسما مندازا، دانشجوی کارشناسی رشته علوم تربیت بدنی و ورزش، به همراه آقای برونو فرناندز والدز ویا به عنوان مدیر، می توانند داده های شخصی من را مدیریت کرده و اطلاعات تولید شده توسط پروژه را منتشر کنند. تضمین می شود که هویت و حریم خصوصی من همیشه حفظ خواهد شد، با ضمانت هایی که در ارگانیک 2018/3، مورخ 5 دسامبر. حفاظت از داده های شخصی و تضمین حقوق دیجیتال و مقررات عمومی 2016/679 (EU)، 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها. (RGPD)

3. اینکه محققین کلیه سوابق انجام شده در مورد من را در صورت وجود تضمین و مهلت مقرر قانونی و در صورت عدم وجود پیش بینی قانونی در مدت زمان لازم برای انجام وظایف پروژه در پشتیبانی الکترونیکی نگهداری کنند.

در تاریخ.....

امضای مدیر

امضای دانشجو

امضای شرکت کننده

ANEXO II. AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL CLUB

CASTELLANO - AUTORIZACIÓN DEL CLUB

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI/PASAPORTE [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre de la entidad.

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi autorización para ceder los datos de nuestros jugadores. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando la presente autorización, sin que esta retirada pueda influir negativamente en la entidad en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que los datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, el club renuncia a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

Participar en el proyecto CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES.

Que ANDONI SESMA MENDAZA y su director/a BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA puedan gestionar los datos personales de nuestros jugadores y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento la identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre nuestros jugadores en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de

previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En [CIUDAD], a [DIA/MES/AÑO]

[FIRMA RESPONSABLE DEL CLUB]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL DIRECTOR/A]

INGLÉS - AUTORIZACIÓN DEL CLUB

I, [NAME AND SURNAME OF THE PARTICIPANT], of legal age, with DNI/PASSPORT [IDENTIFICATION NUMBER], acting on behalf of the entity.

I DECLARE THAT:

I have received information about the project CREATION OF A NEW COMBINED SIGNAL THROUGH THE USE OF GPS AND ACCELEROMETER FOR THE ANALYSIS OF DECELERATIONS IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS, for which I have been given an information sheet attached to this consent and for which my authorization is requested to transfer the data of our players. I have understood its meaning, my doubts have been clarified and the actions that derive from it have been exposed to me. I have been informed of all aspects related to confidentiality and data protection regarding the management of personal data involved in the project and the guarantees taken in compliance with Organic Law 3/2018, of December 5, on the protection of personal data and guarantee of digital rights and the General Regulation (EU) 2016/679, of April 27, 2016, on data protection (RGPD).

My collaboration in the project is totally voluntary and I have the right to withdraw from it at any time, revoking this authorization, without this withdrawal being able to negatively influence the entity in any way. In case of withdrawal, I have the right to have the data deleted from the study file.

Likewise, the club waives any economic, academic or other benefit that may be derived from the project or its results.

For all this,

I GIVE MY CONSENT TO:

Participate in the project CREATION OF A NEW COMBINED SIGNAL THROUGH THE USE OF GPS AND ACCELEROMETER FOR THE ANALYSIS OF DECELERATIONS IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS.

That ANDONI SESMA MENDEZA and its director BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA can manage the personal data of our players and disseminate the information that the project generates. It is guaranteed that identity and privacy will be preserved at all times, with the guarantees established in

Organic Law 3/2018, of December 5, on the protection of personal data and guarantee of digital rights and the General Regulation (EU) 2016/ 679, of April 27, 2016, on data protection (RGPD).

That the researchers keep all the records made on our players in electronic support, with the guarantees and the legally established deadlines, if they were established, and in the absence of legal provision, for the time necessary to fulfill the functions of the project for which the data was collected.

In [CITY], to [DAY/MONTH/YEAR]

[CLUB RESPONSIBLE SIGNATURE]
PRINCIPAL]

[SIGNATURE OF STUDENT] [SIGNATURE OF

FARSI - AUTORIZACIÓN DEL CLUB

با سلام و احترام

بدینوسیله اینجانب..... به شماره ملی / گذرنامه.....، به نمایندگی از طرف این مجموعه اعلام میدارم:

اطلاعات مربوط به پروژه ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید از طریق استفاده از GPS و شتاب سنج جهت تجزیه و تحلیل کاهش سرعت در فوتبالبست های حرفه ای را دریافت کرده ام. این اطلاعات ضمیمه این رضایت نامه است که در آن اجازه بنده برای دسترسی به داده های بازیکنان ما درخواست شده است.

اینجانب از تمام جنبه های مربوط به محرمانگی و حفاظت از داده ها در مورد مدیریت داده های شخصی در پروژه و ضمانت های اتخاذ شده مطابق با قانون 2018/3، مصوب 5 دسامبر، در مورد حفاظت از داده های شخصی و تضمین حقوق دیجیتال و مقررات عمومی 2016/679 اتحادیه اروپا، مصوب 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها (RGPD) مطلع شدم.

همکاری من در پروژه کاملاً داوطلبانه است و من این حق را دارم هر زمان از آن انصراف دهم و این مجوز را لغو کنم، بدون اینکه این انصراف به هیچ وجه بر مجموعه تأثیر منفی بگذارد. در صورت انصراف، حق حذف داده ها از پرونده مطالعاتی را دارم.

به همین ترتیب، باشگاه از هرگونه بهره برداری اقتصادی، آکادمیک یا سایر مزایایی که ممکن است از پروژه یا نتایج آن حاصل شود چشم پوشی می کند.

اینجانب رضایت خود را نسبت به موارد زیر اعلام میکنم:

1. شرکت در پروژه ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید از طریق استفاده از GPS و شتاب سنج برای تجزیه و تحلیل کاهش سرعت در بازیکنان حرفه ای فوتبال.

2. آقای آندونی سسما نوبلس و مدیر ایشان جناب آقای پرونو فرناندر والدس ویا می توانند داده های شخصی بازیکنان ما را مدیریت کرده و اطلاعات تولید شده توسط پروژه را منتشر کنند. تضمین شده است که هویت و حریم خصوصی حفظ خواهد شد، با ضمانتهایی که در قانون 2018/3، 5 دسامبر، در مورد حفاظت از داده های شخصی و تضمین حقوق دیجیتال و مقررات عمومی 2016/679 مصوبه 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها تعیین شده است.

3. محققین با در نظر داشتن ضمانت ها و مهلت های قانونی تعیین شده، در صورت وجود و در صورت عدم وجود پیش بینی قانونی، در جهت رسیدن به اهداف پروژه برای هر مدت زمانی که لازم باشد تمام سوابق انجام شده روی بازیکنان ما را در یک فایل پشتیبان الکترونیکی نگهداری کنند.

شهر.....مورخ

امضای مدیر

امضای دانشجو

امضا مسئول باشگاه

ANEXO III. APROBACIÓN COMITÉ DE ÉTICA



Centre universitari adscrit a la



Dr. Víctor Illera Domínguez, actuando como coordinador de la comisión de trabajos de final de grado (TFG) en Ciencias de la actividad física y el deporte de Tecnocampus (Centro universitario adscrito a la Universitat Pompeu Fabra).

CERTIFICA:

Que el comité de evaluación de la viabilidad de TFG evaluó el proyecto presentado por Andoni Sesma Mendaza, " ANÁLISIS DE UNA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DEL GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ESTUDIO DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES" como apto para su implementación.

Transmitimos esta evaluación favorable para las intervenciones descritas en el proyecto y bajo las condiciones indicadas en el mismo.

Dr. Víctor Illera Domínguez, 28/02/2023

Figura 24. Aprobación comité de ética

ANEXO IV. TABLA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES

	Jugadores	Mean	Std. Deviation	N
Entropía Modulo	CB	,429950	,0121672	4
	CM	,438641	,0341146	4
	FW	,447295	,0018804	4
	RB	,451935	,0292485	4
	Total	,441955	,0225764	16
Entropía EJY	CB	,552759	,0107808	4
	CM	,508809	,0408486	4
	FW	,542478	,0231957	4
	RB	,567127	,0505495	4
	Total	,542794	,0383148	16
Entropía EJZ	CB	,572769	,0211487	4
	CM	,510218	,0294547	4
	FW	,543488	,0311728	4
	RB	,600138	,0761978	4
	Total	,556653	,0530401	16
Entropía EJX	CB	,495244	,0127674	4
	CM	,468668	,0331276	4
	FW	,493321	,0233710	4
	RB	,487029	,0247061	4
	Total	,486065	,0245127	16
Player Load min	CB	1,460000	,1373560	4
	CM	1,395000	,1181807	4
	FW	1,690000	,1730125	4
	RB	1,595000	,3348134	4
	Total	1,535000	,2215100	16
Player Load total	CB	145,222500	8,5477731	4
	CM	136,705000	6,2989338	4
	FW	167,927500	13,6525904	4
	RB	151,120000	36,4241843	4
	Total	150,243750	21,5492310	16
High Dec Cnt	CB	65,000000	22,6862660	4
	CM	68,250000	6,9462220	4
	FW	77,500000	9,5742711	4
	RB	93,250000	21,3756092	4
	Total	76,000000	18,7225354	16

High Dec (m)	CB	399,847750	120,6843559	4
	CM	365,458500	59,0336552	4
	FW	544,967500	92,8747671	4
	RB	591,732500	109,9669605	4
	Total	475,501563	131,9032251	16

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables por posición de juego

ANEXO V. MODELO LINEAL DE VARIABLES MIXTAS

Multiple Comparisons

Bonferroni

Dependent Variable	(I) Jugadores	(J) Jugadores	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Entropía Modulo	CB	CM	-,00869	,016473	1,000	-,06062	,043243
		FW	-,01734	,016473	1,000	-,06928	,034590
		RB	-,02199	,016473	1,000	-,07392	,029949
	CM	CB	,008691	,016473	1,000	-,04324	,060625
		FW	-,00865	,016473	1,000	-,06059	,043280
		RB	-,01329	,016473	1,000	-,06523	,038640
	FW	CB	,017344	,016473	1,000	-,03459	,069278
		CM	,008653	,016473	1,000	-,04328	,060587
		RB	-,00464	,016473	1,000	-,05657	,047293
	RB	CB	,021985	,016473	1,000	-,02995	,073919
		CM	,013294	,016473	1,000	-,03864	,065228
		FW	,004641	,016473	1,000	-,04729	,056575
Entropía EJY	CB	CM	,043950	,024693	,602	-,03390	,121801
		FW	,010281	,024693	1,000	-,06757	,088132
		RB	-,01437	,024693	1,000	-,09222	,063482
	CM	CB	-,04395	,024693	,602	-,12180	,033900
		FW	-,03367	,024693	1,000	-,11152	,044181
		RB	-,05832	,024693	,216	-,13617	,019532
	FW	CB	-,01028	,024693	1,000	-,08813	,067569
		CM	,033669	,024693	1,000	-,04418	,111520
		RB	-,02465	,024693	1,000	-,10250	,053201
	RB	CB	,014368	,024693	1,000	-,06348	,092219
		CM	,058319	,024693	,216	-,01953	,136169
		FW	,024649	,024693	1,000	-,05320	,102500
Entropía EJZ	CB	CM	,062551	,031805	,437	-,03772	,162823
		FW	,029281	,031805	1,000	-,07099	,129553
		RB	-,02737	,031805	1,000	-,12764	,072903
	CM	CB	-,06255	,031805	,437	-,16282	,037722
		FW	-,03327	,031805	1,000	-,13354	,067003
		RB	-,08992	,031805	,092	-,19019	,010353
	FW	CB	-,02928	,031805	1,000	-,12955	,070992
		CM	,033270	,031805	1,000	-,06700	,133542
		RB	-,05665	,031805	,601	-,15692	,043622
	RB	CB	,027369	,031805	1,000	-,07290	,127642
		CM	,089920	,031805	,092	-,01035	,190192
		FW	,056650	,031805	,601	-,04362	,156923
Entropía EJX	CB	CM	,026576	,017382	,913	-,02822	,081376
		FW	,001923	,017382	1,000	-,05288	,056723
		RB	,008215	,017382	1,000	-,04658	,063015
	CM	CB	-,02658	,017382	,913	-,08138	,028223
		FW	-,02465	,017382	1,000	-,07945	,030147
		RB	-,01836	,017382	1,000	-,07316	,036439
	FW	CB	-,00192	,017382	1,000	-,05672	,052876
		CM	,024653	,017382	1,000	-,03015	,079452
		RB	,006292	,017382	1,000	-,04851	,061092
	RB	CB	-,00822	,017382	1,000	-,06302	,046584
		CM	,018361	,017382	1,000	-,03644	,073160
		FW	-,00629	,017382	1,000	-,06109	,048507
Player Load min	CB	CM	,065000	,147846	1,000	-,40111	,531110
		FW	-,23000	,147846	,875	-,69611	,236110
		RB	-,13500	,147846	1,000	-,60111	,331110
	CM	CB	-,06500	,147846	1,000	-,53111	,401110
		FW	-,29500	,147846	,415	-,76111	,171110
		RB	-,20000	,147846	1,000	-,66611	,266110
	FW	CB	,230000	,147846	,875	-,23611	,696110
		CM	,295000	,147846	,415	-,17111	,761110
		RB	,095000	,147846	1,000	-,37111	,561110
	RB	CB	,135000	,147846	1,000	-,33111	,601110
		CM	,200000	,147846	1,000	-,26611	,666110
		FW	-,09500	,147846	1,000	-,56111	,371110

Player Load total	CB	CM	8,51750	14,2559	1,000	-36,427	53,4619
		FW	-22,705	14,2559	,823	-67,649	22,2394
		RB	-5,8975	14,2559	1,000	-50,842	39,0469
	CM	CB	-8,5175	14,2559	1,000	-53,462	36,4269
		FW	-31,223	14,2559	,294	-76,167	13,7219
		RB	-14,415	14,2559	1,000	-59,359	30,5294
	FW	CB	22,7050	14,2559	,823	-22,239	67,6494
		CM	31,2225	14,2559	,294	-13,722	76,1669
		RB	16,8075	14,2559	1,000	-28,137	61,7519
	RB	CB	5,89750	14,2559	1,000	-39,047	50,8419
		CM	14,4150	14,2559	1,000	-30,529	59,3594
		FW	-16,808	14,2559	1,000	-61,752	28,1369
High Dec Cnt	CB	CM	-3,2500	11,7872	1,000	-40,411	33,9112
		FW	-12,500	11,7872	1,000	-49,661	24,6612
		RB	-28,250	11,7872	,202	-65,411	8,91121
	CM	CB	3,25000	11,7872	1,000	-33,911	40,4112
		FW	-9,2500	11,7872	1,000	-46,411	27,9112
		RB	-25,000	11,7872	,333	-62,161	12,1612
	FW	CB	12,5000	11,7872	1,000	-24,661	49,6612
		CM	9,25000	11,7872	1,000	-27,911	46,4112
		RB	-15,750	11,7872	1,000	-52,911	21,4112
	RB	CB	28,2500	11,7872	,202	-8,9112	65,4112
		CM	25,0000	11,7872	,333	-12,161	62,1612
		FW	15,7500	11,7872	1,000	-21,411	52,9112
High Dec (m)	CB	CM	34,3893	69,6133	1,000	-185,08	253,858
		FW	-145,12	69,6133	,355	-364,59	74,3489
		RB	-191,88	69,6133	,104	-411,35	27,5839
	CM	CB	-34,389	69,6133	1,000	-253,86	185,079
		FW	-179,51	69,6133	,145	-398,98	39,9597
		RB	-226,3*	69,6133	,042	-445,74	-6,8053
	FW	CB	145,120	69,6133	,355	-74,349	364,588
		CM	179,509	69,6133	,145	-39,960	398,978
		RB	-46,765	69,6133	1,000	-266,23	172,704
	RB	CB	191,885	69,6133	,104	-27,584	411,353
		CM	226,27*	69,6133	,042	6,80531	445,743
		FW	46,7650	69,6133	1,000	-172,70	266,234

Tabla 4. Modelo lineal de variables mixtas (Bonferroni)

ANEXO VI. TABLAS DE RESULTADOS POR POSICIONES

DEFENSA CENTRAL – CENTRAL BACK (CB)

	N	Mean	Std. Deviation
Entropía Modulo	4	.429950	.0121672
Entropía EJY	4	.552759	.0107808
Entropía EJZ	4	.572769	.0211487
Entropía EJX	4	.495244	.0127674
Player Load min	4	1.460000	.1373560
Player Load total	4	145.222500	8.5477731
High Dec Cnt	4	65.000000	22.6862660
High Dec (m)	4	399.847750	120.6843559
Valid N (listwise)	4		

Tabla 5. Estadística descriptiva para cada variable en los defensas centrales.

MEDIOCENTRO – CENTRAL MIDFIELDER (CM)

	N	Mean	Std. Deviation
Entropía Modulo	4	.438641	.0341146
Entropía EJY	4	.508809	.0408486
Entropía EJZ	4	.510218	.0294547
Entropía EJX	4	.468668	.0331276
Player Load min	4	1.395000	.1181807
Player Load total	4	136.705000	6.2989338
High Dec Cnt	4	68.250000	6.9462220
High Dec (m)	4	365.458500	59.0336552
Valid N (listwise)	4		

Tabla 6. Estadística descriptiva para cada variable en los mediocentros.

DELANTERO – FORWARD (FW)

	N	Mean	Std. Deviation
Entropía Modulo	4	.447295	.0018804
Entropía EJY	4	.542478	.0231957
Entropía EJZ	4	.543488	.0311728
Entropía EJX	4	.493321	.0233710
Player Load min	4	1.690000	.1730125
Player Load total	4	167.927500	13.6525904
High Dec Cnt	4	77.500000	9.5742711
High Dec (m)	4	544.967500	92.8747671
Valid N (listwise)	4		

Tabla 7. Estadística descriptiva para cada variable en el delantero.

LATERAL DERECHO – RIGHT BACK (RB)

	N	Mean	Std. Deviation
Entropía Modulo	4	.451935	.0292485
Entropía EJY	4	.567127	.0505495
Entropía EJZ	4	.600138	.0761978
Entropía EJX	4	.487029	.0247061
Player Load min	4	1.595000	.3348134
Player Load total	4	151.120000	36.4241843
High Dec Cnt	4	93.250000	21.3756092
High Dec (m)	4	591.732500	109.9669605
Valid N (listwise)	4		

Tabla 8. Estadística descriptiva para cada variable en los laterales derechos.

ANEXO VII. TAMAÑO DEL EFECTO DEL CONJUNTO DE VARIABLES ENTRE POSICIONES DE JUEGO

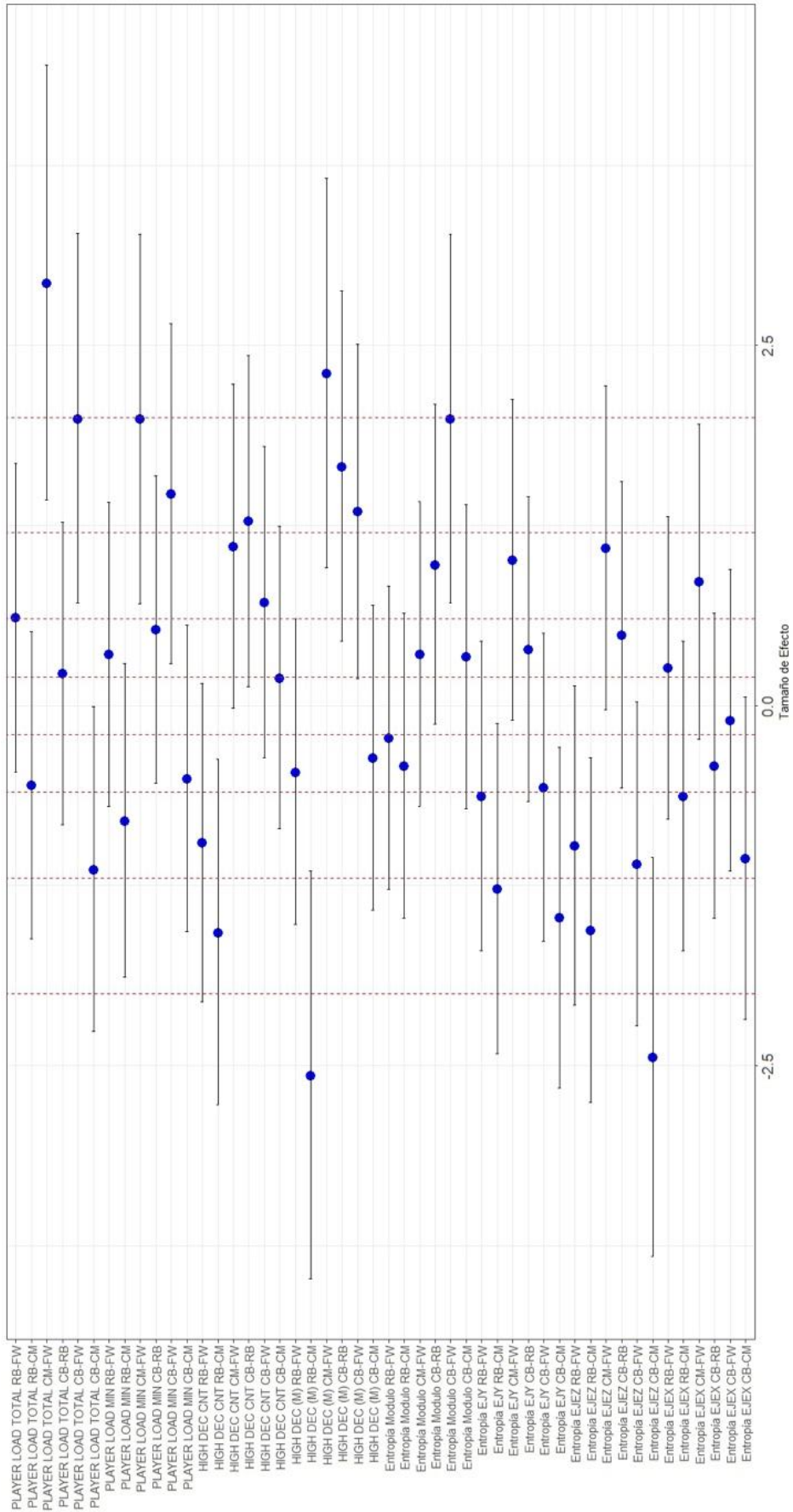


Figura 25. Effect size del conjunto de variables entre posiciones de juego

جهت اطلاع شرکت کنندگان در این پروژه

آقای اندونی سسما مندازا، دانشجوی کارشناسی رشته علوم تربیت بدنی و ورزش، به همراه آقای برونو فرناندز والدز ویا به عنوان مدیر، در این پروژه تحقیقاتی فعالیت میکند. این پروژه درباره ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید با استفاده از جی پی اس و شتاب سنج برای بررسی کاهش شتاب است.

هدف از این پروژه ایجاد سیگنال 100 هرتز همراه با سیگنال جی پی اس و شتاب سنج در کاهش سرعت با شدت بالا در بازیکنان حرفه ای فوتبال است. شایان ذکر است این فایل ها به صورت نام مستعار ذخیره می شوند تا در نرم افزار spro المریا، اسپانیا تجزیه و تحلیل شوند و ثانیاً سیگنال جدید برای تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری به اکسل صادر می شود.

مراکز تحقیقاتی زیر در این پروژه مشارکت دارند :

TecnoCampus Mataró-Maresme, centro adscrito a la Universidad Pompeu Fabra

هدف این پروژه ارائه ایده های جدید در مورد کنترل فشار در ورزش های تیمی با استفاده از شتابسنج است. در چارچوب این تحقیق از شما درخواست همکاری کردیم، زیرا شما معیارهای مربوطه را دارید: بازیکن حرفه ای فوتبال هستید، استفاده روزانه از دستگاه اندازه گیری اینرسی در طول جلسات، و در زمان امضای این برگه آسیب دیدگی ندارید.

این همکاری شامل حمل حداکثر 4 مسابقه دستگاه اندازه گیری اینرسی (WIMUPro) است که معمولاً در تمام تمرینات حمل میکنید.

به همه شرکت کنندگان یک کد اختصاص داده می شود، بنابراین شناسایی شرکت کننده با پاسخ های داده شده غیرممکن است و کاملاً محرمانه بودن را تضمین می کند. داده های پلاست آمده از مشارکت شما برای هدفی غیر از آنچه در این تحقیق مشخص شده است استفاده نمی شود و به بخشی از یک فایل داده تبدیل می شود که مسئولیت نهایی آن بر عهده محقق اصلی خواهد بود. داده های گفته شده از طریق حساب محقق اصلی مرتبط با دانشگاه محافظت می شوند و فقط دانشجوی مربوطه به آن دسترسی خواهد داشت.

مسئولیت فایل داده های مطالعه بر عهده محقق اصلی خواهد بود که می توانید در هر زمان از حقوق مقرر در قانون 2018/3 مورخ 5 دسامبر در مورد حفاظت از داده های شخصی و تضمین حقوق دیجیتال و مقررات عمومی استفاده کنید . (RGPD) 2016/679 (EU)، از 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها.

همه شرکت کنندگان حق دارند در هر زمان از بخشی یا کل مطالعه، بدون بیان دلیل، کناره گیری کنند. آنها همچنین حق دارند قبل از موافقت با مجموعه، شک و تردیدهای احتمالی خود را بیان و از نتایج آزمایشات خود مطلع شوند. برای پاسخگویی به سوالاتی که ممکن است پیش بیاید در خدمت شما هستیم.

می توانید از طریق ایمیل با ما تماس بگیرید. asesma@edu.tecnocampus.cat

رضایت آگاهانه شرکت کننده

اینجانب رضایت خود را از شرکت در این پروژه اعلام می کنم. شماره ملی یا گذرنامه من [Redacted]

اینجانب اعلام می کنم:

اطلاعاتی در مورد پروژه ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید از طریق استفاده از GPS و شتاب سنج برای تجزیه و تحلیل کاهش سرعت در فوتبالیست های حرفه ای دریافت کرده ام برای آن یک برگه اطلاعاتی ضمیمه این درخواست به من داده شده است و در آن شرکت من نیز در آن اعلام شده است. معنای آن را متوجه، شبهاتم روشن شد و اعمالی که از آن ناشی می

شود بر من آشکار شد. من از تمام جنبه های مربوط به محرمانگی و حفاظت از داده ها در مورد مدیریت داده های شخصی درگیر در پروژه و ضمانت های اتخاذ شده مطابق با قانون 2018/3، مورخ 5 دسامبر، در مورد حفاظت از داده های شخصی و تضمین دیجیتال مطلع شده ام. حقوق و مقررات عمومی 2016/679 (EU)، 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها. (RGPD)

همکاری من در پروژه کاملاً داوطلبانه است و من این حق را دارم که در هر زمان با لغو این رضایت از آن انصراف دهم، بدون اینکه این انصراف به هیچ وجه بر من تأثیر منفی بگذارد. در صورت انصراف، این حق را دارم که اطلاعات خود را از پرونده حذف کنم.

به همین ترتیب، من از هرگونه سود اقتصادی، دانشگاهی یا هر مزیت دیگری که ممکن است از پروژه یا نتایج آن حاصل شود چشمپوشی می‌کنم.

اینجانب رضایت خود را به موارد زیر اعلام می‌کنم:

1. شرکت در پروژه ایجاد یک سیگنال ترکیبی جدید از طریق استفاده از GPS و شتاب سنج برای تجزیه و تحلیل کاهش سرعت در بازیکنان حرفه ای فوتبال.

2. آقای اندونی سسما مندازا، دانشجوی کارشناسی رشته علوم تربیت بدنی و ورزش، به همراه آقای برونو فرناندز والنز ویا به عنوان مدیر، می توانند داده های شخصی من را مدیریت کرده و اطلاعات تولید شده توسط پروژه را منتشر کنند. تضمین می شود که هویت و حریم خصوصی من همیشه حفظ خواهد شد، با ضمانت هایی که در ارگانیک 2018/3، مورخ 5 دسامبر، حفاظت از داده های شخصی و تضمین حقوق دیجیتال و مقررات عمومی 2016/679 (EU)، 27 آوریل 2016، در مورد حفاظت از داده ها. (RGPD)

3. اینکه محققین کلیه سوابق انجام شده در مورد من را در صورت وجود تضمین و مهلت مقرر قانونی و در صورت عدم وجود پیش بینی قانونی در مدت زمان لازم برای انجام وظایف پروژه در پشتیبانی الکترونیکی نگهداری کنند.

در تاریخ.....

امضای مدیر

امضای دانشجو

امضای شرکت کننده

Figura 26. Hoja de información y consentimiento informado de un jugador

Yo, [REDACTED] mayor de edad, con DNI/PASAPOR [REDACTED] cuando en nombre de la entidad.

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi autorización para ceder los datos de nuestros jugadores. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando la presente autorización, sin que esta retirada pueda influir negativamente en la entidad en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que los datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, el club renuncia a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto CREACIÓN DE UNA NUEVA SEÑAL COMBINADA MEDIANTE EL USO DE GPS Y ACELERÓMETRO PARA EL ANÁLISIS DE LAS DECELERACIONES EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES.
2. Que ANDONI SESMA MENDEZA y su director/a BRUNO FERNÁNDEZ-VALDÉS VILLA puedan gestionar los datos personales de nuestros jugadores y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento la identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre nuestros jugadores en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En AHVAZ, a 10 DE DICIEMBRE DE 2022

[FIRMA RESPONSABLE DEL CLUB]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL DIRECTOR/A]

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Figura 27. Hoja de autorización del club