

Gómez, Juan Francisco

Cuantificación de la carga externa mediante GPS: demandas físicas y perfil de actividad de jugadores amateurs de fútbol, hockey femenino, hockey masculino y basquet.

Trabajo Final Integrador presentado para la obtención del grado de Especialista en Programación y Evaluación del Ejercicio.

Director: Casas, Adrián

Gómez, Juan F. (2020). Cuantificación de la carga externa mediante GPS: demandas físicas y perfil de actividad de jugadores amateurs de fútbol, hockey femenino, hockey masculino y básquet. Trabajo final integrador. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.

“Cuantificación de la carga externa mediante GPS: demandas físicas y perfil de actividad de jugadores amateurs de fútbol, hockey femenino, hockey masculino y básquet”.



**ESPECIALIZACION EN PROGRAMACION Y EVALUACION DEL EJERCICIO
UNLP**

PROF. JUAN F. GOMEZ

INDICE

Primera parte: “Utilización de GPS en el deporte. Aspectos generales y aplicaciones”pág. 4

Objetivos.....	pág. 5
Introducción.....	pág. 5
Glosario.....	pág. 6
Generalidades de la tecnología GPS y su uso en el deporte.....	pág. 10
Consideraciones importantes a tener en cuenta para el uso de GPS.....	pág. 15
Variables utilizadas.....	pág. 18
Factores que afectan la tasa de esfuerzos.....	pág. 20
Aplicaciones de la tecnología GPS en el deporte.....	pág. 22
1-Planificación del entrenamiento.....	pág. 22
2-Disminución del riesgo de lesión.....	pág. 28
3-Contribución al proceso de retorno a la competencia.....	pág. 33

Segunda parte: “Valoración de las demandas físicas y perfil de actividad en jugadores amateurs”pág. 37

Actualización de las demandas físicas en fútbol, hockey, básquet.....	pág. 38
Material y Método.....	pág. 40
Resultados.....	pág. 42
1-Fútbol.....	pág. 42
2-Hockey femenino.....	pág. 44
3-Hockey masculino.....	pág. 46
4-Básquet.....	pág. 48
Discusión.....	pág. 50
Limitaciones e investigaciones futuras.....	pág. 51
Conclusiones.....	pág. 52
Referencias bibliográficas.....	pág. 53
Anexos.....	pág. 61

Primera Parte

“Utilización de GPS en el deporte. Aspectos generales y aplicaciones”.

Objetivos.

El objetivo principal de éste trabajo es brindar datos de referencia sobre las demandas del fútbol, hockey femenino, hockey masculino y básquet amateur. Por otra parte, se intenta aportar un marco conceptual y aplicativo actualizado sobre la utilización de la tecnología GPS que brinde un cierto contexto a las mediciones efectuadas y aporte herramientas para poder realizar un análisis adecuado.

Introducción.

El análisis de los patrones de movimiento durante la competencia es un método muy útil para cuantificar las demandas físicas de los deportes. En los últimos años numerosos estudios han medido el perfil de actividad en el deporte de elite profesional a nivel de diferentes ligas y torneos, posibilitando el análisis de las necesidades específicas de cada deporte o disciplina, e incluso de cada puesto específico para poder aplicar al entrenamiento (Malone, 2017). Ésta tendencia se ha hecho más fuerte en deportes más populares como el fútbol o el rugby, donde las publicaciones científicas crecen año a año. Sin embargo, en el ámbito del deporte amateur o semiprofesional existen pocos estudios.

Glosario.

A continuación, se describen los principales términos y sus abreviaturas, que serán utilizados durante el presente trabajo.

GPS

Sistema de posicionamiento global que utiliza 24 satélites estadounidenses desarrollados para proveer datos de posición y velocidad precisos.

GLONASS

Sistema global de navegación por satélite (GNSS) que utiliza 24 satélites rusos. Sirve de apoyo e incluso de sustituto a la tecnología GPS, mejorando el geo posicionamiento.

IMA

Inertial Movement Analysis, combina los datos sin procesar por acelerómetros, giroscopios y magnetómetros dentro de una unidad para objetivar los **micro movimientos** (movimientos muy pequeños que no pueden ser medidos con la tecnología GPS y que requieren el uso de sensores inerciales; los ejemplos incluyen cambios de dirección, aceleraciones, desaceleraciones y saltos). Mide la cantidad de eventos de acuerdo a su intensidad e incluso su dirección independientemente de la tecnología GPS y GLONASS, por lo que es de mucha utilidad en el monitoreo de deportes indoor.

Acelerómetro

Instrumento que mide las fuerzas de aceleración. Dichas fuerzas pueden ser estáticas, como la fuerza de gravedad constante, o dinámicas, causadas por el movimiento del acelerómetro.

Magnetómetro

Instrumento utilizado para medir la fuerza y dirección de los campos magnéticos. Utilizado en las unidades esencialmente como una brújula para ayudar a entender la dirección de los movimientos de los atletas.

Giroscopio

Dispositivo para medir la orientación basada en los principios del momento angular.

Hertz (Hz)

Unidad de frecuencia definida como el número de ciclos por segundo en un evento periódico. Las unidades de GPS utilizadas operan a 10 Hz por lo que actualiza datos 10 veces por segundo. Los sensores inerciales triaxiales integrados de las unidades utilizadas operan a 100 Hz (giroscopio 200-2000 grados/seg.).

Distancia total (DT)

Distancia total recorrida durante un periodo determinado (mts.).

Distancia alta intensidad (DAI)

Distancia recorrida en una banda de velocidad estipulada como de alta intensidad. La velocidad estipulada como umbral mínimo varía según diferentes autores, siendo entre 14,4 y 20 km/h las más utilizadas. En el presente artículo se considera DAI a la distancia recorrida por encima de 14,4 km/h., coincidiendo con varios autores (Mohr y cols. 2003, Rampinini y cols. 2007; Rampinini y cols. 2009, Coutts y Duffield 2008, Coutts y cols. 2010; Bradley y cols. 2009, 2010; Buchheit y cols. 2014).

Distancia Sprint (DS)

Distancia recorrida en una banda de velocidad estipulada como de sprint, expresada en mts. La velocidad estipulada como umbral mínimo varía según diferentes autores encontrando valores entre 18 y 30 km/h. En dicho trabajo se considerará DS para fútbol a toda la distancia recorrida con esfuerzos que se desarrollen por encima de 24 km/h. (mantenido al menos durante 1''), coincidiendo con ciertos autores (Castellano y cols. 2011, Burguess y cols. 2006). En el caso del hockey, el transporte del stick hace que las velocidades máximas sean menores por lo que el umbral mínimo se estableció en 21 km/h.

Distancia aceleraciones (Dacel)

(aceleración se refiere a los cambios en la velocidad ya sea partiendo desde una velocidad determinada o desde parado) distancia recorrida con esfuerzos a una aceleración mayor a 2 mts/seg² (mantenido por los menos 0,2''). Diversos autores toman éste umbral para definir las aceleraciones intensas (mts.).

Distancia desaceleraciones (Ddesacel)

(desaceleración se refiere a los cambios en la velocidad donde se impliquen frenos) distancia recorrida con esfuerzos a una aceleración negativa mayor a -2 mts/seg² (mantenido por los menos 0,2''). Diversos autores toman éste umbral para definir las desaceleraciones intensas (mts.).

Distancia relativa (Drel)

se refiere a cualquiera de las distancias en la unidad de tiempo, es decir la distancia recorrida dividida la duración de un periodo determinado. Se expresa en mts/min. Es de gran utilidad para comparar periodos de diferentes duraciones entre si. En el presente estudio mostramos la DT relativa.

Velocidad máxima (Vmax)

es la velocidad pico encontrada en un periodo determinado. Es dependiente del deporte específico y de la posición y función específica de juego. También se han encontrado asociaciones con el rendimiento desarrollado por atletas en tests de velocidad. Se expresa en km/h.

Un estudio actual en futbolistas profesionales muestra que el 35% de los delanteros y el 65% de los mediocampistas no superan el 90% de la V max en un partido, y marcan al puesto específico, el contexto de juego y el perfil individual del jugador como principales determinantes (Buchheit y cols. 2020). Ciertos autores recomiendan la realización de un test de sprint de 40 mts para detectar la V max individual.

Cambios de dirección (CDD)

Cantidad de cambios de dirección hacia la derecha (con apoyo y aplicación de fuerza de pierna izquierda), y hacia la izquierda (con apoyo y aplicación de fuerza de pierna derecha). Se muestran solo los de alta intensidad, con aceleraciones de más de 3,5 mts/seg².

Aceleraciones(accel)

Cantidad de aceleraciones. Se muestran solo las de alta intensidad, de más de 3,5 mts/seg².

Desaceleraciones(desacel)

Cantidad de desaceleraciones. Se muestran solo las de alta intensidad, de más de 3,5 mts/seg².

Saltos (saltos)

Cantidad de saltos efectuados. Se toman los de media intensidad (20 a 40 cm.) y de alta intensidad (>de 40 cm).

Esfuerzos explosivos

En ésta variable se incluye a la cantidad de aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección y saltos de alta intensidad captados por los sensores inerciales. Se utilizó para cuantificar los esfuerzos intensos en basquet.

Distancia estimada(ED)

Corresponde a la distancia que el atleta podría cubrir teóricamente si corriera a una velocidad constante en línea recta utilizando el mismo gasto energético total que tuvo en la actividad específica. Puede ser determinada con la siguiente fórmula: $ED = W/Ecc$, donde W representa el costo energético expresado en J/kg, y Ecc es el costo energético de la carrera lineal a velocidad constante sobre una superficie de césped.

Índice de distancia estimada(EDI)

Ratio entre la ED y la DT que permite ilustrar la influencia de los eventos de aceleración en la DT. $EDI = ED/DT$.

PlayerLoad(PL)

Medida de esfuerzo desarrollado por Catapult y por el Australian Institute of Sports(AIS), que no es dependiente directamente de la distancia, y que recopila un amplio rango de parámetros del rendimiento físico en un número para explicar la carga de trabajo de un atleta. Su utilidad se centra en que varios deportes, como el rugby, tienen una carga de trabajo significativa que no se basa solo en la carrera. Ciertas investigaciones indican que el PL puede ser una medida muy efectiva para comprender diferencias en el rendimiento de los equipos. Por ejemplo, pueden haber 2 atletas con perfiles de distancias recorridas y velocidades similares, pero uno tiene un PL mucho mayor debido a los movimientos explosivos que su posición en el campo requiere.

La fórmula de PL tiene en cuenta la tasa de cambio de aceleración instantánea y la divide por un factor escalar para que el número se reduzca y sea más sencillo poder trabajar con el (el valor es de 1000 aproximadamente para un partido de fútbol completo). Es una medida arbitraria (Catapult-Sports. Sprint Help, 2013).

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

donde fwd: aceleración horizontal

side: aceleración lateral

up: aceleración vertical

t: tiempo

El **PL/min** es un indicador de la intensidad del esfuerzo, que se obtiene dividiendo el PL por la duración de la actividad.

Potencia metabólica

Variable que estima el costo energético y que contempla a las aceleraciones. Surge de la premisa de que el costo energético de la carrera en llano en aceleración es mayor que a velocidad constante pero que es equivalente a la carrera en pendiente a

una velocidad constante; a mayor aceleración, mayor pendiente (Di Prampero, 2005). Se expresa en watts/kg. En ciertos trabajos más actuales se marcaron ciertas limitaciones como la subestimación del costo energético principalmente en fases de recuperación (Buchheit, 2015), la no contemplación del costo de actividades no locomotoras, de desaceleraciones, de cambios de dirección, de orientación de la carrera, de la resistencia del aire y alta variabilidad del valor en función de la validez del dispositivo (Roberti, 2016).

Generalidades de la tecnología GPS y su uso en el deporte.

-Sistema GPS y GNSS

El sistema de posicionamiento global(GPS) es una red de navegación satelital que provee información de ubicación y tiempo de los dispositivos trackeados. Éste sistema tiene ahora un amplio campo de aplicación, incluyendo su uso en la cuantificación de las cargas externas de los deportistas. Los satélites de GPS envían información precisa del tiempo a los receptores de GPS (a la velocidad de la luz). Se necesitan un mínimo de 4 satélites para determinar la ubicación de los receptores de GPS trigonométricamente. El sistema GPS utiliza 24 satélites estadounidenses para proveer datos de posición y velocidad precisos. En la actualidad, el sistema GLONASS o GNSS(sistema global de navegación por satélite), utiliza 24 satélites rusos y sirve de apoyo e incluso de sustituto a la tecnología GPS, mejorando el geo posicionamiento.

Al respecto, Jackson y cols.(2018) compararon los 2 sistemas durante partidos de hockey de elite y circuitos simulados de juego. Los dispositivos de GNSS tuvieron un menor HdoP (horizontal dilution of precision) para todas las condiciones, por lo que podrían ser más sensibles que los GPS para cuantificar las demandas físicas de los movimientos realizados en deportes de conjunto. Se necesitan mayores estudios sobre la validez y confiabilidad del sistema GNSS.

Cantidad y posicionamiento de los satélites.

La cantidad de satélites utilizados es de vital importancia para obtener una alta precisión de datos. Las características de las antenas de los dispositivos, las condiciones climáticas y diferentes tipos de estructuras naturales o edilicias pueden atentar contra la calidad de la recepción.

Por otra parte, no solo la cantidad sino también la distribución de los satélites tienen una gran influencia sobre la precisión. Dicho aspecto se mide a través de la HdoP, que es un término de error derivado dependiente del número de satélites que se están usando y de su distribución geométrica. Un valor bajo(cercano a 1) indica un ajuste posicional con precisión mientras que el valor máximo de 50 indica que el posicionamiento es completamente desconfiable (Jackson y cols., 2018; Scott y cols. 2016).

El conocimiento de éstos valores para cada medición y cada unidad (algunas marcas los brindan) es de vital importancia para conocer la calidad de la señal y la fiabilidad de los datos conseguidos.

-Microsensores acoplados

El desarrollo y la posterior aceptación de la microtecnología en el mundo del deporte ha conllevado a la integración de otros microsensores inerciales dentro de los dispositivos de GPS, como acelerómetros, magnetómetros, y giroscopios, conjuntamente denominados MEMS (micro electrical mechanical systems)(Malone y cols., 2017).

Esto ha sido uno de los avances más importantes de los últimos tiempos, posibilitando la cuantificación con mayor exactitud y fiabilidad de los micromovimientos realizados en distancias cortas, en poco tiempo y con niveles de velocidad poco elevados. Éstos movimientos son muchas veces determinantes en el juego y además, tienen la enorme ventaja de poder funcionar independientemente del GPS por lo que su aparición ha permitido el monitoreo de cargas en deportes INDOOR. Ésta mayor exactitud contaría para la determinación del número e intensidad de un tipo de evento más que para las distancias.

-Características de los dispositivos

Existe en la actualidad una amplia variedad de dispositivos y softwares con diferentes características, que permiten obtener una gran cantidad de datos y parámetros derivados, por lo que es de vital importancia comprender los factores que afectan la validez y confiabilidad de las medidas.

Debido a la gran cantidad de marcas, modelos, frecuencias de obtención de datos, métodos de filtro, y algoritmos de procesamiento de datos, es esencial que la validez y confiabilidad sea determinada para cada uno (Malone y cols., 2017).

Validez y confiabilidad

Existe una gran cantidad de literatura que examina la validez y confiabilidad. El método criterio gold standard para investigar la validez de los dispositivos GPS para la distancia es medir el trayecto con un odómetro o una cinta métrica, y para la velocidad la utilización de laser, pistola radar (Varley 2012, en Malone y cols., 2017) y fotocélulas con diferentes cortes (Aughey 2011, en Malone y cols., 2017).

Las limitaciones del uso de fotocélulas radica en que se obtienen los promedios entre los cortes y no la velocidad instantánea.

La velocidad de movimiento tiene un impacto sobre la medida de distancia de los dispositivos GPS. La validez de las medidas de distancia mejoran con actividades de larga duración (Jennings y cols. 2010, en Malone y cols., 2017).

Por otra parte, la confiabilidad de los GPS disminuye con el aumento de la velocidad de movimiento, mientras que también es negativamente afectada por los movimientos que requieren cambios de dirección.

	VALIDEZ	CONFIABILIDAD
15 MTS	ERROR 10,9%	1,3% CV
30 MTS	ERROR 5,1%	0,7% CV

Tabla 1. Validez y confiabilidad de GPS de 10 Hz en sprints de 15 y 30 mts. (Castellano y cols., 2011)

Buchheit y cols.(2014) examinaron las diferencias entre modelos y unidades de una misma marca de GPS de 15 Hz. Para las variables derivadas de la velocidad no se encontraron diferencias significativas(Distancia total: 3%, Velocidad pico: 1 %, Distancia > 14,4 km/h: 2%, Distancia > 25,1 km/h: 6%), mientras que para las derivadas de aceleración hubo diferencias sustanciales(CV #Aceleraciones >3 m/s²: 31%, >4 m/s²: 43%, #Desaceleraciones >3 m/s²: 42%, >4 m/s²: 56%). Otro punto importante a remarcar son las diferencias encontradas en las variables derivadas de aceleración utilizando diferentes actualizaciones de un mismo software, donde el parámetro con más diferencia fue el de cantidad de aceleraciones > 1,5 m/s². La tablas 2 muestran las diferencias entre unidades de la misma marca, por lo que algunos sugieren la asignación fija de una unidad para un cierto deportista (ver tabla 3 en anexo 1). Al parecer resultaría conveniente conocer la confiabilidad interunidad de los diferentes modelos y ver si esas diferencias son significativas o no.

CONFIABILIDAD INTER UNIDAD	15 HZ	10 HZ	5 HZ	1 HZ
DIST TOTAL	1,90%	1,30%	7,20%	7,20%
VEL PICO	8,10%	1,64%	7,20%	2,30%
# LSR,HSR	<10 %	<10 %	<17%	<32,5%

Tabla 2. Confiabilidad interunidad de GPS de 15,10,5 y 1 Hz durante un circuito simulado para deporte de conjunto de 1320 mts. #LSR: número de esfuerzos < 14 km/h-#HSR: número de esfuerzos >14 km/h (Johnston y cols., 2014-Coutts y Duffield, 2008).

Asimismo, diferencias en la configuración del tiempo mínimo necesario para que se detecte una aceleración (o sprint) provoca diferencias significativas en los valores encontrados.

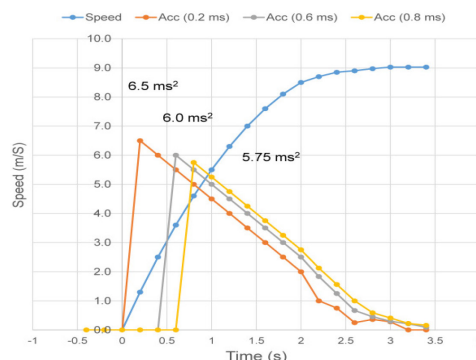


Figura 1. Aceleración máxima calculada durante un sprint máximo de 20 mts, dependiendo de la ventana utilizada para detectar la aceleración (0,2, 0,6 o 0,8 seg.) Cuanto más corta la ventana, mayor el valor de aceleración (Buchheit y Simpson 2017).

Por otra parte, existen pocos estudios de validación de acelerómetros. En uno de ellos (Kelly y cols., 2014), encuentran una pobre validez (27,5-30,5%) aunque una excelente confiabilidad intra e interunidad. Medidas derivadas como el Player/Body load aparecen como confiables para detectar cambios en la actividad física. Otro trabajo (Reksten Holme, 2015) marca la buena confiabilidad del sistema MEMS (IMA para la marca comercial) y de la variable Player load*d. Sin dudas son necesarios más estudios en éste campo para determinar la validez y confiabilidad de los acelerómetros.

La inclusión del monitoreo en tiempo real permite la obtención de datos durante el transcurso de un entrenamiento y/o competencia y la posibilidad de toma de decisiones en función de los parámetros analizados. La distancia de la antena al dispositivo y el procesamiento de datos pueden influenciar los valores, aunque en los últimos años se ha avanzado mucho al respecto (Malone y cols., 2017).

Weaving y cols. (2017) analizaron la validez de algunos parámetros comparándolos con valores postactividad en GPS de 10 Hz. con tecnología MEMS integrada. La distancia recorrida a baja, moderada, alta y muy alta velocidad tuvieron errores típicos de estimación (TEE) pequeños y triviales, mientras que el Player Load tuvo un nivel moderado de error típico (ver tabla 4 en anexo 1).



Figura 2. Imagen de una unidad de GPS(10 Hz.) con microtecnología integrada y la antena receptora para el uso en tiempo real(Weaving y cols., 2017).

Frecuencia de datos

La literatura específica sugiere que los GPS con mayor frecuencia de datos provee una mayor validez y confiabilidad (Cummings y cols., 2013). Esto parecería ser cierto al evidenciarse en dispositivos de 1, 5 y 10 Hz., puesto que los GPS con 15 Hz serían incluso inferiores a los de 10 Hz. (31, 44) Debe ser remarcado que la frecuencia de datos por si sola no mejorará la calidad de los datos de GPS, puesto que factores como los procesadores de datos, los filtros y algoritmos utilizados, la posición del dispositivo en el cuerpo, la cantidad y ubicación de satélites utilizados y factores ambientales pueden también tener influencia sobre la calidad de los datos.

En definitiva, los GPS de 10 Hz son mas válidos que los de una frecuencia de 1 Hz. (Coutts y Duffield, 2010) o de 5 Hz. (Duffield y cols., 2010). Se ha comprobado que las unidades de 10 Hz. son 3 veces mas válidas y 6 veces más confiables que las unidades de 5 Hz.(Varley y cols., 2012). Nikolaidis y cols.(2018) analizaron la validez y confiabilidad de GPS de 10 Hz. en 2 tipos de esfuerzos: 1000 mts a velocidad constante de 15 km/h en pista de 200 mts y un test progresivo shuttle run con cambios de dirección en 20 mts. La validez en cuanto a distancia total de los 1000 mts fue < a 1%, mientras que para el test fue < a 5%. En tanto, la confiabilidad inter unidad fue de CV 1,31-2,20% y de 2,08-3,92% respectivamente, y la confiabilidad intraunidad fue buena para el esfuerzo continuo y entre moderada y buena para el progresivo. El estudio muestra que se pierde validez y confiabilidad intra e interunidad cuando el esfuerzo tiene cambios de dirección por sobre los esfuerzos lineales, a pesar de no ser máximos.

En otro estudio (Rampinini y cols., 2015) se analizaron GPS de 5 y 10 Hz vs radar de 32 Hz en una serie de esfuerzos intermitentes que simulaban las actividades propias de una competencia, involucrando sprints, caminata, carreras de baja, media y alta intensidad, aceleraciones y desaceleraciones. Los valores encontrados se muestran en la tabla 5.

	TE as CV (%)	
	Radar vs. GPS-5 Hz	Radar vs. GPS-10 Hz
TD	2.8 (2.3; 3.3)	1.9 (1.6; 2.3)
HSR	7.5 (6.4; 9.1)	4.7 (4.0; 5.8)
VHSR	23.2 (19.5; 28.7)	10.5 (9.0; 12.5)
Pmean	4.5 (3.8; 5.5)	2.4 (2.1; 2.9)
HMP	9.0 (7.6; 10.9)	4.5 (3.8; 5.4)
VHMP	11.6 (9.8; 14.1)	6.2 (5.3; 7.6)

Tabla 5. CV% de diferentes parámetros en GPS de 5 y 10 Hz. TD: Distancia total (m). HSR: Carrera de alta velocidad(m)>4,17 m/s. VHSR: Carrera de muy alta velocidad(m)> 5,56 m/s. Pmean: potencia metabolica promedio(W/kg). HMP: tiempo en alta potencia metabolica(s)>20 W/kg. VHMP: tiempo en muy alta potencia metabolica(s)>25 W/kg.(Rampinini y cols., 2015).

Se concluye que las 2 unidades pueden ser utilizadas para la DT y la Pmean, aunque solo el GPS con frecuencia de 10 Hz demuestra un nivel de precisión suficiente para cuantificar las distancias cubiertas a altas velocidades o el tiempo a altas potencias metabólicas.

Consideraciones importantes a tener en cuenta para el uso de GPS.

-Carga externa y carga interna.

En el ámbito del entrenamiento deportivo el control de la relación dosis-respuesta es de vital importancia para determinar una carga de entrenamiento apropiada. Cargas de entrenamiento de diferente orientación y magnitud pueden producir disímiles efectos adaptativos.

Así es como en los deportes de conjunto se usan distintas herramientas para monitorizar las cargas de entrenamiento del jugador y las adaptaciones posteriores a este estímulo (Buchheit et al., 2011). Éstas herramientas se pueden dividir en utilizadas para medir la carga interna y la carga externa.

Los métodos más utilizados para medir la "dosis" interna del ejercicio en fútbol son la evaluación de la sesión de entrenamiento (escala de 0-10 Borg) mediante escala de esfuerzo percibido (RPE) (Foster et al., 2001) y la frecuencia cardíaca (Impellizeri, Rampinini y Marcora, 2005; Coutts et al., 2007), mientras que la carga externa se puede obtener mediante la medición de la actividad realizada por el jugador durante el ejercicio, mediante por ejemplo dispositivos GPS.

Cada una de éstas herramientas tienen ventajas y limitaciones. Sin dudas la tecnología GPS nos brinda aportes importantes al momento de medir entrenamientos y competiciones con diferentes objetivos, pero la información que nos da debe ser analizada con criterio y ubicada en cada contexto particular. No debemos olvidar que nos permite obtener información solo parcial de la carga. El hecho de tomar una serie de valores como rígidos y absolutos sin realizar un análisis más completo del contexto deportivo y de los deportistas en particular, podría conducirnos a conclusiones y decisiones desacertadas.

Algunos aspectos importantes que pueden influir en la carga de entrenamiento y que la tecnología GPS no valora podrían ser:

- Superficie del terreno: rigidez, abrasividad, altura y tipo de césped, capacidad de amortiguación, inclinación o declives.
- Condiciones climáticas: temperatura, humedad, viento, altura.
- Sobrecarga o ayudas externas: lastres, trineos, chalecos, gomas o sensores, etc.
- Implementos deportivos utilizados: pelotas, calzado, indumentaria, etc.
- Situaciones del juego: Colisiones, impactos, caídas, fricción, empujones y tracciones.
- Habilidades específicas: remates, lanzamientos, barridas, trabadas, etc.
- Nivel de fitness, estado de fatiga y de recuperación del deportista.
- Momento de la temporada.

Todos éstos factores muchas veces no contemplados podrían influir sobre la carga, sin verse reflejado en valores concernientes a la medición de la carga externa mediante GPS.

-Velocidad y aceleración.

En la actualidad, se sabe que el análisis de las demandas solo mediante las zonas de velocidades utilizadas tradicionalmente es incompleto. En los deportes de conjunto se dan una gran cantidad de esfuerzos de alta intensidad y corta duración en espacios reducidos que se caracterizan por niveles elevados de aceleración aunque con velocidades de desplazamientos bajas o moderadas. Éste comportamiento se ve potenciado en deportes cuyos campos de juego tienen una superficie reducida, como por ejemplo el basket, handball, etc.. Asimismo, la capacidad de aceleración depende de la velocidad a la que el sujeto se está moviendo en ese momento, pudiendo ser máxima cuando éste se encuentra parado (Di Prampero y cols., 2005).

El match analysis tradicional se basaba solamente en zonas de velocidad, describiendo las distancias recorridas en diferentes zonas. Dicho análisis resulta incompleto puesto que no tiene en cuenta a la gran cantidad de esfuerzos lineales y multidireccionales de muy alta intensidad y corta duración que caracteriza a los deportes de conjunto. La variable de potencia metabólica (Di Prampero y cols., 2005) surge como un intento de solución a éste conflicto. La aparición de dispositivos con mayores frecuencias y con tecnología MEMS posibilita en cierta medida la cuantificación de esos esfuerzos que se caracterizan por elevados niveles de aceleración y desaceleración, independientemente de los datos proporcionados por los GPS. Sin embargo, es importante tener algunas consideraciones al respecto.

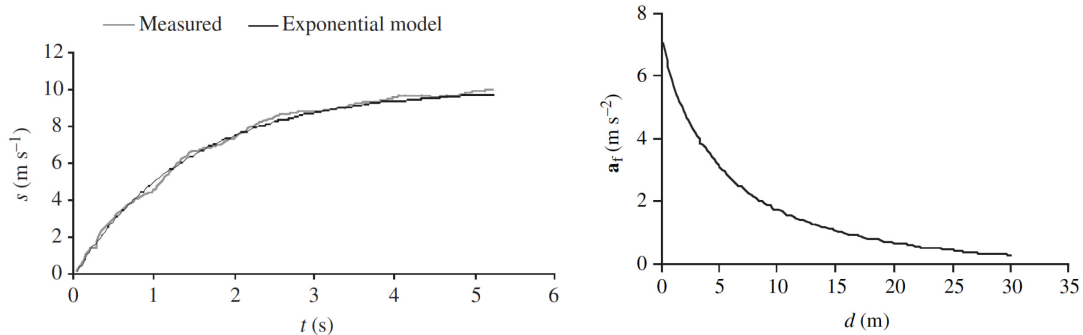


Figura 3: Velocidad horizontal s ($m \cdot s^{-1}$) en función del tiempo t (s) determinada mediante un radar de 35 Hz. durante un sprint lineal máximo desde partida detenida (izquierda) y valores derivados de aceleración horizontal instantánea a ($m \cdot s^{-2}$) en función de la distancia d (m) durante el mismo esfuerzo. Podemos ver como la velocidad máxima se consigue cerca de los 5'' de esfuerzo mientras que la máxima aceleración se da en los primeros mts. Si analizamos un esfuerzo máximo lineal de 5 mts realizado en aproximadamente en 1'' (como puede darse en varias actividades deportivas), vemos que el esfuerzo no ingresaría dentro de los parámetros de alta intensidad de acuerdo solamente a la velocidad alcanzada (Di Prampero, 2005).

-Umbrales absolutos vs relativos

En la actualidad no existe consenso en cómo determinar los umbrales de velocidad y existen grandes discrepancias (Cummins y cols 2013), incluso en un mismo deporte, a pesar de variados intentos por unificar criterios proponiendo umbrales individuales (Hunter 2014) y arbitrarios según la disciplina e incluso el sexo (Dwyer y Gabbet 2012).

La determinación de umbrales de aceleración también posee grandes inconsistencias a lo largo de la literatura (Sweeting 2017). En deportes de conjunto, las aceleraciones fueron clasificadas como $> 1,11 m/s^2$ (Wisbey 2010), $2.78m \cdot s^{-2}$ (Varley y cols. 2013a), $3.00m \cdot s^{-2}$ (Hodgson y cols. 2014), y $4.00m \cdot s^{-2}$ (Farrow y cols. 2008).

Las aceleraciones también fueron categorizadas en zona moderada ($2.00-4.00m \cdot s^{-2}$) o alta ($>4.00m \cdot s^{-2}$), con una duración mínima de 0.40 s (Higham y cols. 2012). Existe poca investigación acerca de umbrales individuales de aceleración (Sonderegger y cols., 2016). Existen algunos intentos por individualizar los umbrales de aceleración, debido a que la capacidad máxima absoluta tiene plena dependencia de la velocidad inicial del esfuerzo. Sonderegger y cols. proponen umbrales por encima del 75% de la capacidad máxima de aceleración para velocidades iniciales de 0, 6, 10,8 y 15 km/h para discriminar las aceleraciones de máxima intensidad (Figura 4). Dicha propuesta parecería ser difícil de llevar a la práctica.

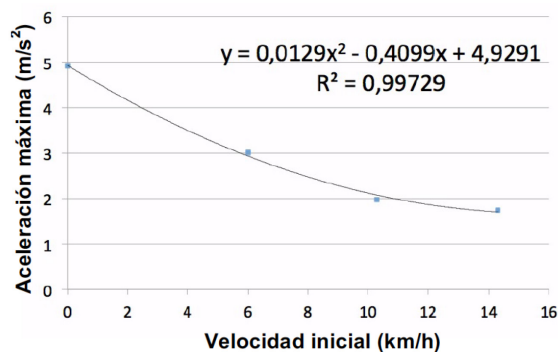


Figura 4. Ecuación de regresión individualizada para un jugador de fútbol, obtenida a partir de un test máximo de sprint, iniciando a 4 velocidades diferentes (Aceña y De Hoyo, 2018). Se muestran las diferentes capacidades máximas de aceleración en función de la velocidad inicial.

Asimismo, la determinación de umbrales en mujeres carece de investigaciones consistentes. Por lo general, se trasladan los umbrales de hombres a mujeres, dando lugar a subestimaciones en las demandas de éstas últimas principalmente en las zonas de mayor intensidad.

Los umbrales individuales podrían poner en lugar algunas subestimaciones o sobreestimaciones de ciertos esfuerzos de acuerdo al perfil físico específico del deportista pero la variabilidad de distintos parámetros físicos podría hacer que se pueda llegar a realizar un análisis desacertado, en caso de no realizar valoraciones sistemáticas. Asimismo, si bien nos permitirían obtener información más acertada sobre el impacto de la carga en cada deportista en particular, nos impediría poder comparar de forma absoluta valores de diferentes deportistas.

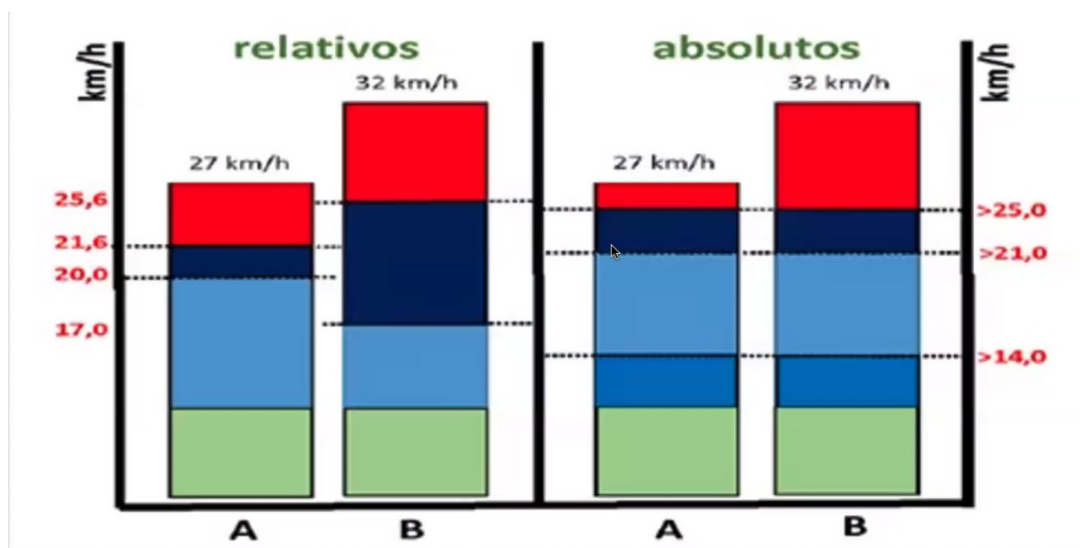


Figura 5. Rango de velocidad de 2 jugadores (A y B) considerándose criterios relativos a su velocidad máxima y el 80% de ésta, y su velocidad umbral (parte izquierda) y criterios absolutos establecidos de manera arbitraria (25, 21 y 14 km/h)(parte derecha) (Castellano y Casamichana, 2016).

Por otra parte, parece ser que existe una mayor estabilidad en las variables físicas analizadas de partido a partido cuando los umbrales son establecidos de manera individual (% VAM) (Carling y cols. 2016).

Variables utilizadas.

Una de las preguntas más recurrentes que se hacen los preparadores físicos y científicos del deporte refiere a que variables seleccionar para llevar adelante un adecuado control de la carga. Para obtener un impacto sustancial en el programa, Buchheit y Simpson (2016). sugieren centrarse en variables que sean suficientemente simples para ser comprendidas por todos los componentes del club(desde el entrenador a los jugadores) y que sean suficientemente válidas y confiables para poder tener confianza en ellas al tomar decisiones. Además, describen la clasificación de Gray, que utiliza 3 niveles de variables:

-Nivel 1: Típicas distancias cubiertas en diferentes zonas de velocidad(tipo de análisis de la “vieja escuela”) Ej: DT, DAI, DS, etc.

-Nivel 2: Todos los eventos relacionados con el cambio de velocidad: aceleraciones, desaceleraciones y cambios de dirección. Ej: acel, desacel, CDD.

-Nivel 3: Todos los eventos derivados de los sensores inerciales/acelerómetros. Ej: PL, impactos, desbalances en apoyos.

Al momento de seleccionar las variables es importante además contemplar que muchas variables pueden ser redundantes, por lo que se sugiere incluir variables que expliquen complementariamente diferentes aspectos de la carga sin repetir información.

En la búsqueda de conseguir información más completa sobre una actividad, se ha intentado relacionar diferentes tipos de variables.

El ratio carga de velocidad(mts/min)/carga de fuerza(PL) puede proveer una representación del grado de “impulsos de fuerza sobre el piso” requeridos por unidad de desplazamiento. Ésta variable puede ser utilizada para evaluar la eficiencia de carrera/neuromuscular(cuanto más alto el ratio, mayor eficiencia) durante driles estandarizados como carreras o juegos en espacios reducidos. Aunque ésta variable requiere una validación apropiada, el concepto en si y los resultados preeliminares son promisorios(Lacome y cols 2018)

Para evaluar la eficiencia locomotora/ de trabajo e inferir fatiga potencial y readiness para la performance, se pueden utilizar ratios de carga interna:externa(Fig. 6). Así, Buchheit y cols utilizaron un ratio entre RPE:DT para evaluar la aclimatización y tendencias de fatiga durante un proceso de entrenamiento en ambiente caluroso. Akubat y cols observaron que el ratio TD:TRIMP durante ejercicios de fútbol específicos, estaban relacionados a medidas de fitness, sugiriendo que el ratio podía ser utilizado como una medida de readiness para la performance o de eficiencia de carrera en partidos oficiales. En la figura se muestra la relación entre %FC max y DAI.

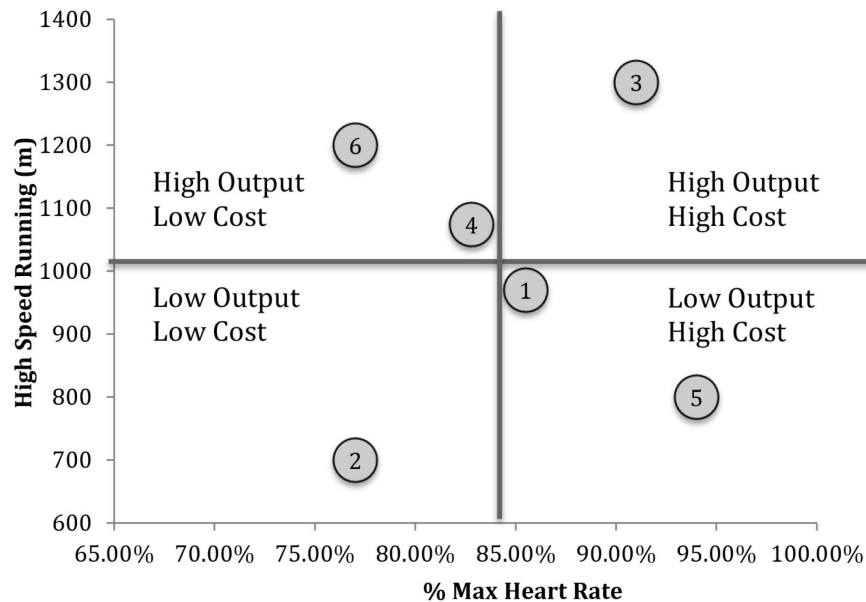


Figura 6. Carga interna vs carga externa representada como %FC promedio y DAI. Las líneas representan los promedios de las sesiones completadas. Los jugadores 1,2,3 y 4 demostraron adecuados ratios de tasa de trabajo:costo. El jugador 5 mostró una tasa de trabajo baja con un costo alto y por lo tanto requeriría un análisis profundo. El jugador 6 tuvo una alta tasa de trabajo con un bajo costo por lo que demostró un nivel de fitness superior en esa sesión (Burgess, 2017).

Los valores de FC y sus derivados deberían ser tomados con suma cautela ya que se encuentran influenciados por numerosos factores(descanso, alimentación, nivel de stress, condiciones climáticas, fatiga del sistema nervioso, etc), y podrían llevar a un análisis erróneo en caso de no tomarse en cuenta.

Factores que afectan la tasa de esfuerzos.

Existen diferentes factores y variables que influyen en las prestaciones en una competencia. Éstos podrían dividirse en factores asociados a la genética, factores climáticos, factores relacionados con los planteos tácticos o estratégicos y factores relativos al contexto de la competencia.

-Factores asociados a la genética: Sexo(Bradley y cols. 2014), edad, raza o etnia (figura , Casamichana y Castellano 2014), aspectos culturales o religion (Carling C. y Lugier 2019).

-Factores climáticos: temperatura y humedad ambiente (Mohr y cols. 2012, Carling y cols. 2011, Trewin y cols. 2018), altitud (Reilly 2003, Mc Sharry 2007, Trewin y cols. 2018),

- Factores relacionados con los planteos tácticos o estratégicos: sistema táctico (Bradley y cols 2011, Baptista y cols 2019, Tierney 2016) y estilo de juego/estrategia (Rienzi y cols 2000, Reina Gomez y Hernandez Mendo 2012, Zubillaga 2006, Bradley y cols. 2013) propia y del rival,

-Factores relativos al contexto de la competencia: momento de la temporada deportiva (Rampinini 2007), nivel de competencia (Di Salvo y cols. 2013, Rampinini y cols. 2007, Anderson y cols. 2010, Mohr y cols. 2008, Bradley y cols. 2010), expulsión (Carling y Bloomfield 2010), sustituciones (Bradley y Noakes 2013) actividad durante el primer tiempo (Rampinini y cols. 2007, Bradley y Noakes 2013), resultado parcial (Viejo Romero 2015, Trewin y cols. 2018), juego de local o visitante (Castellano 2011, Viejo Romero 2015), nivel (Casamichana y Castellano 2014, Link 2016) y tasa de esfuerzo del rival (Rampinini 2007), porcentaje de posesión del balón (Bradley y cols. 2013), puesto específico (Di Salvo y cols. 2009, Rampinini y cols. 2007, Bloomfield y cols. 2007), dimensiones y superficie (Anderson y cols 2008) del terreno de juego; el tiempo efectivo de juego podría ser otro aspecto influyente sin dudas. En cuanto a algunos aspectos existe cierta controversia en la literatura.

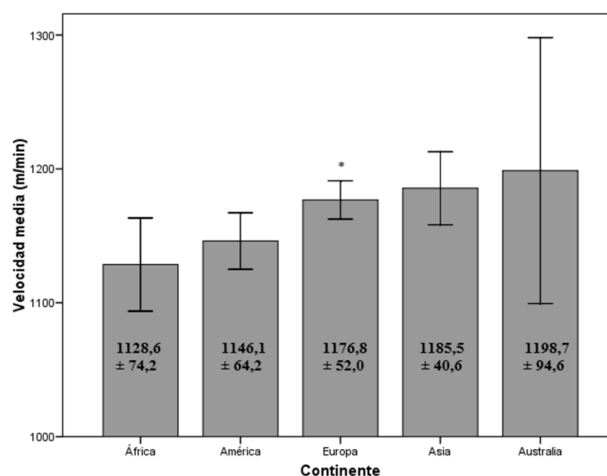


Figura 7. Velocidad media de los desplazamientos realizados por las selecciones de los diferentes continentes dentro de la Copa del mundo de Sudáfrica 2010. * es > África (Casamichana y Castellano 2014).

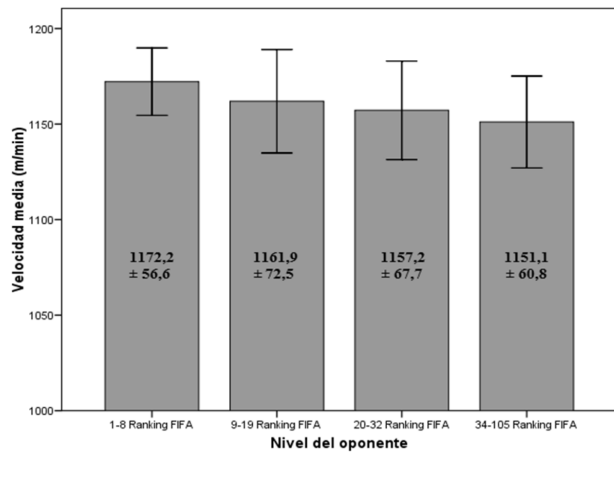


Figura 8. Velocidad media de los desplazamientos realizados por los equipos rivales de los 4 grupos de nivel dentro de la Copa del mundo de Sudáfrica 2010 (Casamichana y Castellano 2014).



Figura 9. tiempo efectivo de juego(min) en diferentes ligas y partidos de superliga con mayores y menores valores(izq); % de tiempo efectivo en diferentes ligas y equipos con mayor y menor %(der)(Superliga argentina de fútbol 2018/19).

Aplicaciones de la tecnología GPS en el deporte.

Los estudios se han centrado principalmente en determinar las demandas y patrones de movimientos de la competencia (Bloomfield y cols., 2007; Bradley y cols., 2009; Bradley y cols., 2010; Mohr y cols., 2003; Russell y cols., 2016; Suarez Arrones y cols., 2015), análisis de los entrenamientos y metodologías de trabajo (Akenhead y cols., 2016; Buchheit y cols., 2018; Casamichana y cols., 2013; Castellano y Casamichana, 2016; Hader y cols., 2016; Malone y cols., 2018; Robertson y cols., 2017), asociación de diferentes variables con el índice lesional (Bacon y cols., 2017; Colby y cols., 2014; Duhig y cols., 2016; Ehrmann y cols., 2016; Gabbett, 2016; Wilkerson y cols., 2016), determinación de la validez, confiabilidad de los dispositivos y softwares (Buchheit y cols., 2014; Castellano y cols., 2011; Coutts y Duffield, 2010; Jackson y cols., 2018; Johnston y cols., 2014; Nikolaidis y cols., 2018; Rampinini y cols., 2015; Reksten Holme, 2015; Robertson y cols., 2017), tanto en la post actividad como en tiempo real (Weaving y cols., 2017), variables más utilizadas y con mayor significatividad (Castellano y Casamichana, 2011), variables contextuales y situacionales que influyen sobre los valores obtenidos (Viejo Romero, 2015), determinación de umbrales de velocidad y aceleración arbitrarios e individualizados según datos obtenidos en evaluaciones(definición de sprint) (Di Prampero y cols., 2005; Hunter y cols., 2015; Massard y cols., 2017; Scott y Lovell, 2018; Sweeting y cols., 2017).

Las principales aplicaciones se resumen aquí en 3: planificación y control del entrenamiento, disminución del riesgo de lesión y contribución en el proceso de retorno a la competencia.

1-Planificación y control del entrenamiento.

La utilización de GPS durante un proceso de entrenamiento deportivo puede transformarse en una herramienta muy útil para contribuir en la planificación y para corroborar si lo realizado se condice realmente con lo programado y si es necesario hacer algún ajuste durante la sesión (en caso de monitoreo en tiempo real) o en las próximas sesiones. Dadas las multiplicidad de metodologías y las particularidades de cada deporte/deportista y de cada equipo del mismo deporte, debería realizarse un análisis particular de cada contexto para programar volúmenes e intensidades adecuadas en una sesión, microciclo o macrociclo.

Sesión de entrenamiento

Una posibilidad útil para analizar la carga externa de una sesión, es contrastarla con los valores de la competencia. De ésta forma, podemos tener un mayor conocimiento del impacto real de la carga para cada deportista en particular, ya que muchas veces un jugador puede tener un valor de algún parámetro muy superior a otro y sin embargo, éste representar un % del partido más bajo (Tabla 6).

Prestaciones de la Sesión											
Sesión: 21		Fecha: 26/9	Día: -3	Actividades: CDD, Salidas, Fútbol							
0% - 40%	Duración:	130									
41% - 70%	71% - 100%	> 100%	Distancia (m)	DAI (>14,4 km/h)	Distancia en Sprint (>25 km/h)	Cambios de Direc. Alta Int.	Aceleraciones #	Desaceleraciones #	Player Load	Pico de Velocidad (km/h)	Distancia Relativa (m/min)
Media	6112	1400	99	14	66	61	646	29	72		
Porcentaje	61,73	67,55	41,77	70,99	79,86	65,26	72,06	96,00	69,12		
	59,4	72,3	34,5	100,0	80,4	91,6	71,9	97,0	66,6		
	5755,7	1502,7	165,6	24,0	72,0	82,0	557,5	32,1	67,3		
	61,2	71,9	53,1	79,2	83,0	78,1	62,7	100,3	68,3		
	5884,7	1420,1	62,6	14,0	62,0	76,0	552,2	28,5	68,8		
	60,6	73,0	70,6	50,0	87,0	68,1	65,5	94,0	67,7		
	5811,8	1190,5	135,6	8,0	60,0	52,0	650,6	28,8	67,9		
	60,1	53,6	20,6	45,5	69,6	46,6	68,7	94,5	66,9		
	6198,0	1380,6	44,6	10,0	72,0	54,0	549,8	28,3	72,5		
	48,8	44,1	47,7	35,0	52,0	50,0	64,8	97,8	54,3		
	4879,2	1103,1	95,4	7,0	52,0	45,0	518,5	29,3	57,0		
	62,9	68,1	15,2	19,2	76,7	55,3	79,5	85,7	70,9		
	6948,0	1721,1	54,9	5,0	69,0	52,0	858,4	28,0	61,2		

Tabla 6. Valores absolutos y % relativos al promedio de partidos de variables seleccionadas en una sesión -3 en 6 jugadores de fútbol profesional. Objetivo: 60-70% del partido en DT, DAI y DTrel./ >85% Pico de velocidad (Vmax) (Datos propios sin publicar).

Según la orientación y los objetivos de la sesión de entrenamiento, ciertas variables pueden cobrar más importancia. Algunos software incluso permiten inferir diferentes variables de la carga externa (siempre que tenga esa actividad realizada anteriormente) determinando el tiempo de las actividades que pretendo realizar (ver tabla 7, en anexo 2).

La utilización del sistema de monitoreo en tiempo real podría suponer una herramienta interesante para el control de sesiones en ciertas metodologías, siempre que los objetivos estén claros, permitiendo el cierre de la sesión cuando se cumpla con lo estimado y/o dando lugar a compensaciones para jugadores o puestos específicos en particular. Dichas prácticas requieren de una estructura con recursos humanos capacitados y una comunicación importante entre el cuerpo técnico (entrenador, preparador físico, analista de GPS o sport scientist, readaptador, etc.).

Por otra parte, el análisis de la competencia en sus diferentes variables en ventanas de tiempo (1', 3', 5' por ej.) permite conocer más en detalle las demandas máximas (peor escenario) dando la posibilidad de programar tareas de entrenamiento que cumplan con esas demandas (Figura 10).

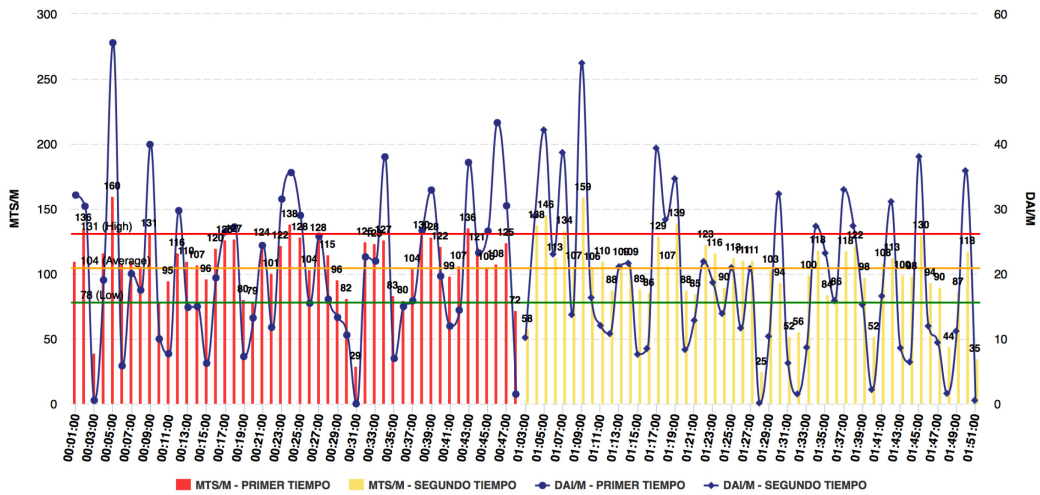


Figura 10. DTrel y DArel minuto a minuto promedio de un equipo profesional de fútbol en competencia oficial (datos propios sin publicar).

Microciclo de entrenamiento

Una posibilidad interesante que nos brinda el control de las sesiones, es analizar los valores absolutos y relativos y curvas generados durante una semana o microciclo de entrenamiento en términos de diferentes parámetros y contrastar los datos con lo planificado, con la posibilidad de modificar lo programado (para todo el equipo, algún jugador o grupo de jugadores) en futuras sesiones si así se considerara pertinente. Las figuras 11-15 y la tabla 8 muestran ejemplos del control de la carga externa absoluta y relativa de diferentes microciclos con distintas metodologías.

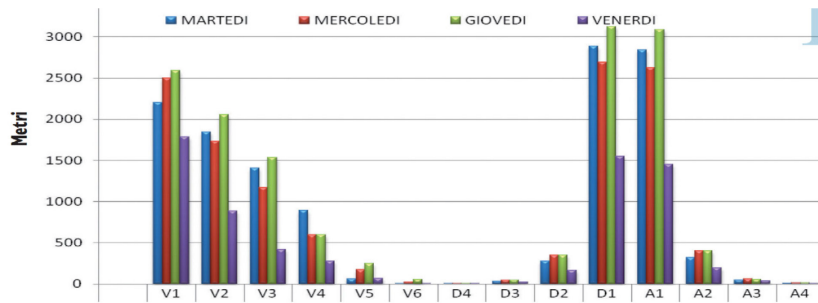


Figura 11. Ejemplo de 4 días de entrenamiento y evolución de los metros recorridos en diferentes zonas de velocidad (%Vmax:0-20, 20-36, 36-52, 52-68, 68-85, 85-100) y aceleración y desaceleración (%max: 0-25, 25-50, 50-75, 75-100) (Mascherini y cols., 2016).

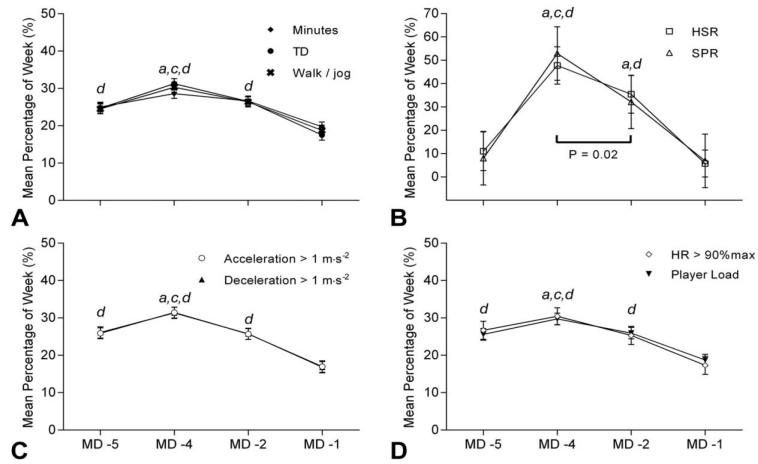


Figura 12. Distribución porcentual promedio de variables medidas durante semanas de entrenamiento representativas (Akenhead, 2016)

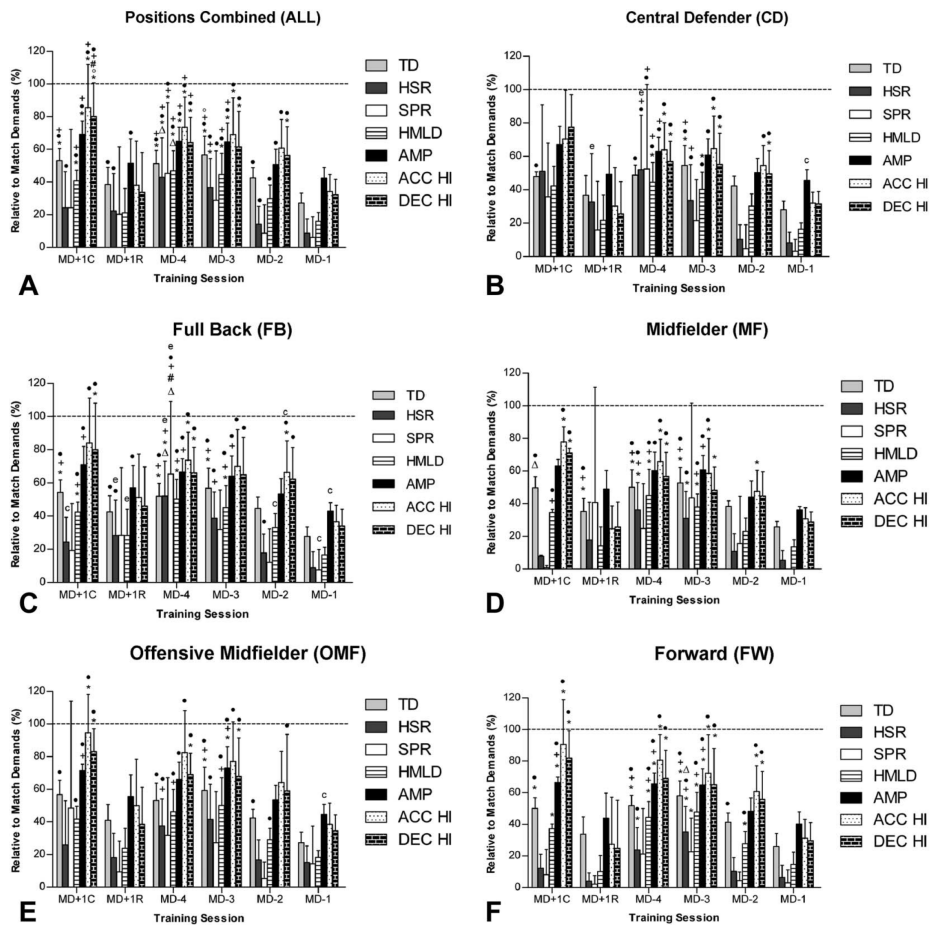


Figura 13. Carga de entrenamiento para jugadores profesionales relativas a partidos competitivos según posición utilizando un microciclo estructurado. HSR: DAI; SPR: DS; HMLD: DIST CARGA METABOLICA ALTA; AMP: POT MET PROMEDIO; ACC: n Acel; DEC: n Desacel; MD: DIA DE PARTIDO (Martin-García y cols., 2018)

	Strength	Endurance	Speed
Duration, min	81	93	75
Total distance, m	4370 (193)	7794 (598)	5298 (420)
Total distance, m/min	54 (2)	84 (6)	71 (6)
Distance >19.8 km/h, m	51 (12)	73 (52)	408 (106)
Distance >25.2 km/h, m	0 (0)	5 (9)	91 (28)
Peak speed, km/h	23.3 (0.9)	25.0 (1.9)	29.7 (1.5)
Mechanical work, AU	49 (7)	47 (11)	50 (9)
Mechanical work, AU/min	0.6 (0.1)	0.5 (0.1)	0.7 (0.1)

Tabla 8. Demandas de carrera para 3 sesiones condicionadas utilizando la periodización táctica (Buchheit y cols., 2018).

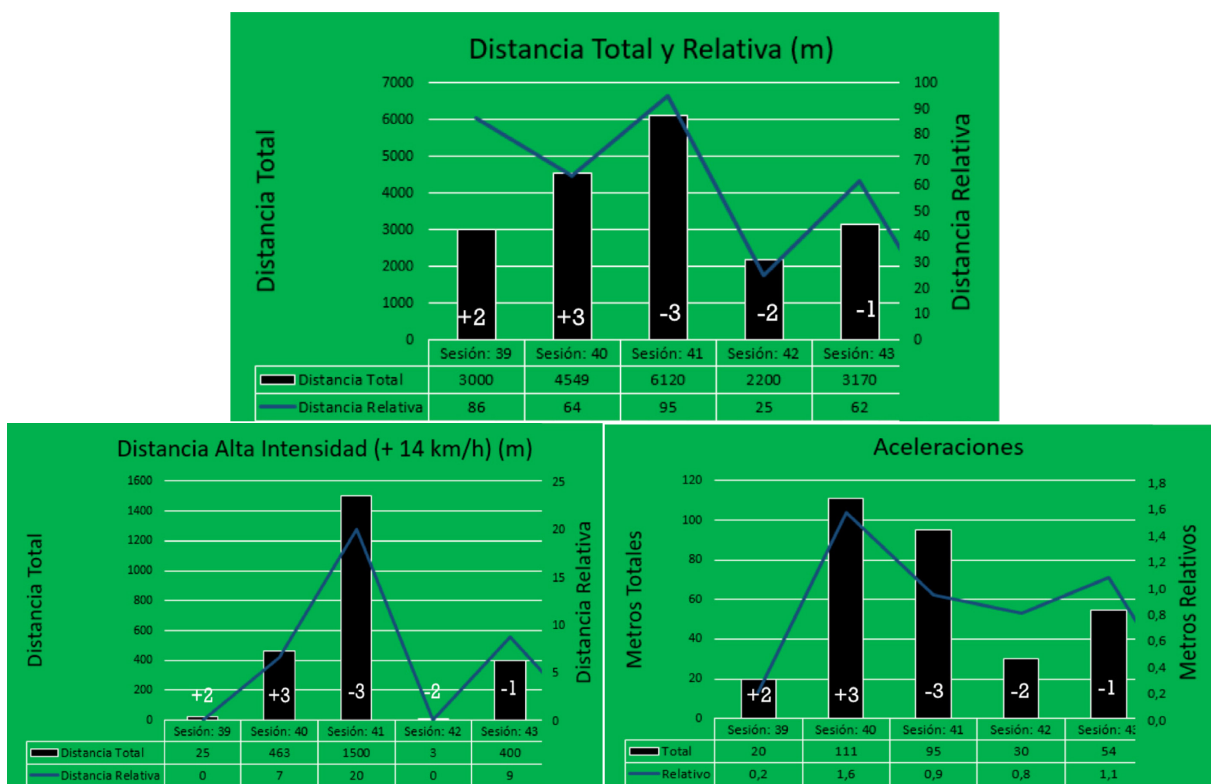


Figura 14. DT, DAI y Acel absoluta y relativas en un equipo de fútbol profesional durante un microciclo con metodología integrada mixta (Datos propios sin publicar).

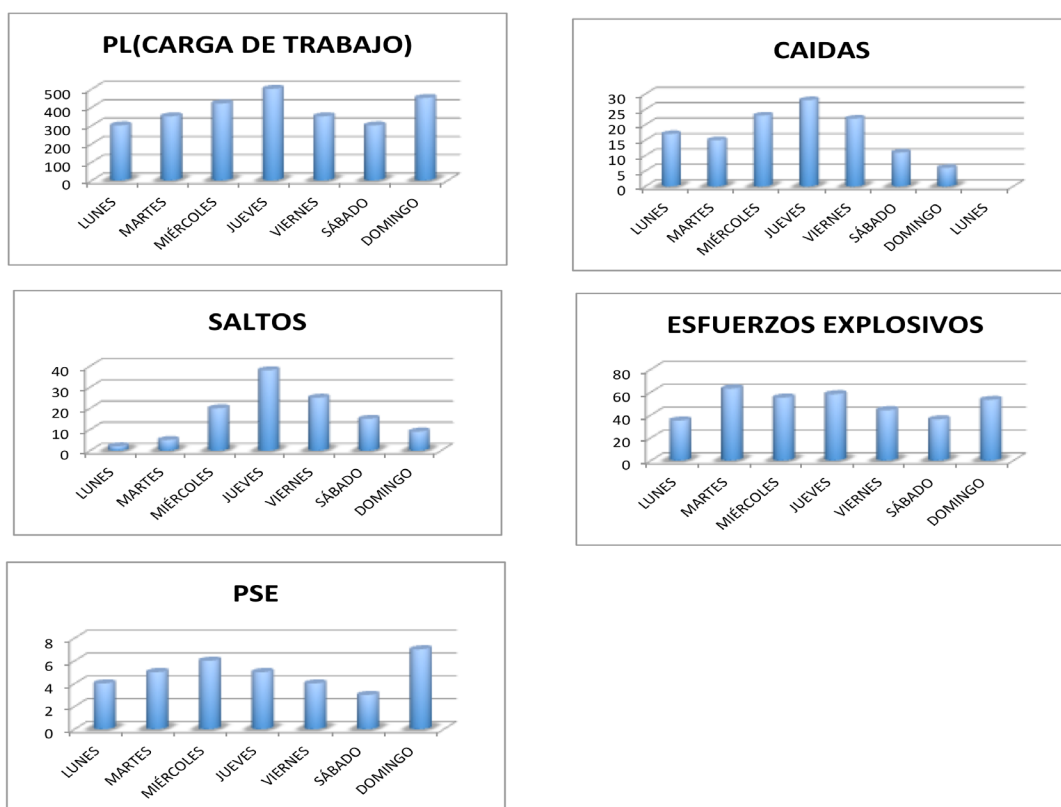


Figura 15. Carga de entrenamiento de arquero durante un microciclo, compitiendo el día Domingo (Datos propios sin publicar).

Mesociclo de entrenamiento

La tabla 9 muestra la evolución semanal de la sumatoria de diferentes variables en términos absolutos y relativos a los valores promedio de la competencia. De ésta manera podemos analizar los cambios absolutos y relativos de los diferentes parámetros de carga semana tras semana.

Microciclo	Distancia (m)	Dist. Alta Intensidad (+ 14)	Dist. muy Alta Int. (+ 21 km/h)	Distancia en Sprint	Cambios de Direc. Alta Int.	Aceleraciones	RHIE	Player Load	
1	36577	1140	43	11	156	465	209	3670	SUMA
	3,5	0,6	0,1	0,1	6,3	2,4	3,2	3,4	RATIO
2	28961	4976	744	218	78	732	185	3085	SUMA
	2,8	2,6	1,9	1,5	3,1	3,7	2,8	2,9	RATIO
3	34921	8911	1067	280	82	1045	242	3884	SUMA
	3,3	4,6	2,7	2,0	3,3	5,3	3,7	3,6	RATIO
4	14866	2150	401	124	31	378	103	1672	SUMA
	1,4	1,1	1,0	0,9	1,2	1,9	1,6	1,6	RATIO
5	4829	473	110	33	17	96	35	597	SUMA
	0,5	0,2	0,3	0,2	0,7	0,5	0,5	0,6	RATIO
6	17507	1740	314	98	51	434	129	2213	SUMA
	1,7	0,9	0,8	0,7	2,1	2,2	1,9	2,1	RATIO
7	17552	2481	297	97	66	568	121	2073	SUMA
	1,7	1,3	0,8	0,7	2,7	2,9	1,8	1,9	RATIO
8	8551	1635	238	62	40	274	89	1483	SUMA
	0,8	0,8	0,6	0,4	1,6	1,4	1,3	1,4	RATIO
9	20779	3259	452	133	54	496	127	2411	SUMA
	2,0	1,7	1,2	0,9	2,2	2,5	1,9	2,3	RATIO
10	15911	2485	524	152	40	543	115	1941	SUMA
	1,5	1,3	1,6	1,3	1,5	2,8	1,7	0,9	RATIO
11	15894	2803	614	94	40	487	116	1812	SUMA
	1,4	1,1	1,0	0,5	1,4	2,3	1,7	1,7	RATIO
12	15764	2765	573	184	38	413	120	1716	SUMA
	1,5	1,4	1,5	1,3	1,5	2,1	1,8	1,6	RATIO
13	17631	2777	324	84	79	557	141	2179	SUMA
	1,7	1,4	0,8	0,6	3,2	2,9	2,1	2,0	RATIO
14	24674	3328	597	214	82	809	200	2901	SUMA
	2,4	1,7	1,5	1,5	3,3	4,1	3,0	2,7	RATIO
15	21834	3670	742	257	65	735	157	2624	SUMA
	2,1	1,9	1,9	1,8	2,6	3,8	2,4	2,5	RATIO
16	16697	2966	580	199	40	536	124	1921	SUMA
	1,6	1,5	1,5	1,4	1,6	2,7	1,9	1,8	RATIO
17	13785	2237	381	137	49	491	112	1728	SUMA
	1,3	1,1	1,0	1,0	2,0	2,5	1,7	1,6	RATIO
18	25723	3681	712	230	94	735	187	3082	SUMA
	2,5	1,9	1,8	1,6	3,8	3,8	2,8	2,9	RATIO
19	28187	3922	768	244	81	1040	239	3371	SUMA
	2,7	2,0	2,0	1,7	3,3	5,3	3,6	3,2	RATIO
20	15248	1953	387	155	62	576	132	1886	SUMA
	1,5	1,0	1,0	1,1	2,5	2,9	2,0	1,8	RATIO
21	25222	3459	593	198	88	724	183	3064	SUMA
	2,4	1,8	1,5	1,4	3,5	3,7	2,8	2,9	RATIO

Tabla 9. Sumatoria de distintas variables por microciclo(promedio del equipo) y ratio que muestra comparativamente cuantas veces se replicó durante una semana, una determinada variable promedio en competencia (Ej. Durante la semana 7 se recorrieron 17552 mts, lo que representa 1,7 veces lo recorrido durante el promedio de competencias).

2- Disminución del riesgo de lesión.

Se describen aquí 3 de los puntos más relevantes relacionados con el tema: ratio de carga aguda:crónica, cambios semanales en la carga y exposiciones a velocidades máximas.

Carga aguda y carga crónica.

El ratio carga aguda:carga crónica se ha erigido en los últimos tiempos en una herramienta que parece contribuir a la determinación del riesgo lesional. La carga crónica representa el promedio de las últimas semanas de entrenamiento, por lo general entre 3 y 6, siendo 4 semanas el valor más comúnmente utilizado. La carga aguda generalmente representa la carga de la última semana de entrenamiento. Existen diferentes formas de calcular el ratio de acuerdo a la inclusión o no de la última semana de entrenamiento a la carga crónica (coupled o acoplado vs uncoupled o desacoplado) y del valor asignado a cada día de la carga crónica de acuerdo a la cercanía (rolling average con un valor similar para todos los días de carga que componen la carga crónica, vs exponential weighted moving average o EWMA, con mayor valor para las cargas más recientes). El modelo más utilizado es el acoplado con rolling average, aunque hay autores que sugieren la utilización de la metodología desacoplada (Lolli, 2017) y EWMA (Murray, 2016). La utilización de dicha herramienta se basa en el concepto de que la carga más reciente no debería variar significativamente con la carga a la cual viene siendo expuesto el deportista. Existen zonas en dicho ratio donde el riesgo de lesión disminuiría, aunque dicha zona dependería del modelo utilizado, de las variables seleccionadas (las más comunes

son DT, DAI, DS, acel, desacel, PL y RPE), y de otros factores como el nivel de carga crónica, la experiencia del deportista y el nivel de aptitud aeróbica, que actúan como moduladores de la carga. La zona de disminución de riesgo estaría entre el ratio de 0,8 y 1,3, aunque se muestran variaciones según éstos factores. Niveles altos de carga crónica y aptitud aeróbica e intermedios de experiencia deportiva mostrarían de por sí una disminución en el riesgo. Algunos autores han criticado el modelo del ratio de carga A:C en la probabilidad de detectar el riesgo de lesión (Lolli y cols., 2018, Impellizzeri y cols., 2020)

Tomar a dicho valor como un número mágico sin ubicarlo en el contexto de cada situación, de cada deportista y deporte en particular, de cada metodología empleada, sin tener en cuenta la duración de cada microciclo, el calendario de competición, y el componente multifactorial de las lesiones deportivas entre otros factores, podría llevar a cometer errores de interpretación y toma de decisiones poco adecuadas.

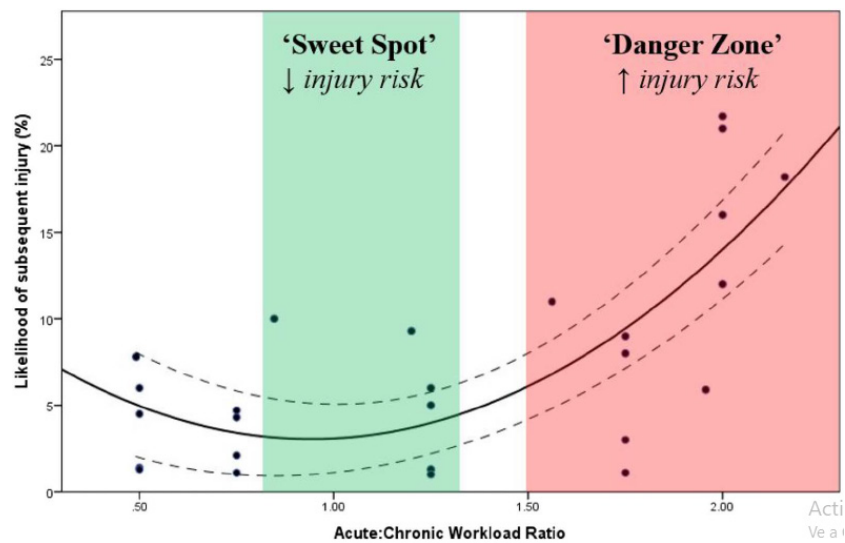


Figura 16. Guía para interpretar y aplicar los datos del ratio de carga A:C. El área verde ('sweet spot') representa ratios de carga A:C donde el riesgo de lesión es bajo. El área roja ('danger zone') representa ratios de carga A:C donde el riesgo de lesión es alto. Para minimizar el riesgo de lesión, los deportistas deberían tratar de mantener el ratio carga A:C en un rango de 0,8-1,3 (Blanch y Gabbett, 2015; Gabbett, 2016).

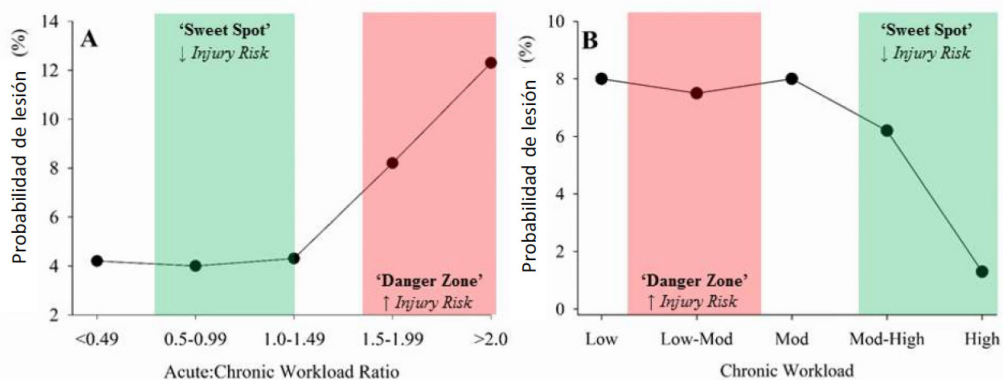


Figura 17. Ratio carga A:C (A), carga crónica (B) y probabilidad de lesiones en jugadores de cricket (Hulin y cols., 2015; Gabbett, 2018).

Combined effect of chronic load history and maximal velocity on injury risk.

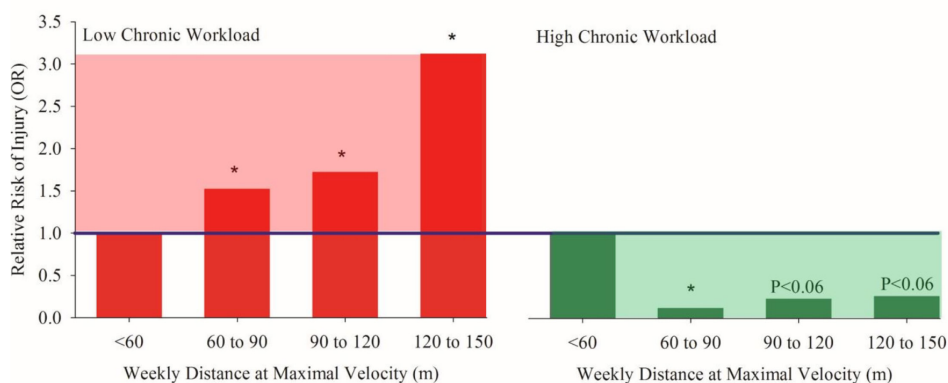


Figura 18. Efecto combinado de carga de entrenamiento crónica (4 semanas) y exposición a diferentes distancias en V max como un factor de riesgo de lesión en jugadores de elite de fútbol Gaelico. Los datos se presentan como OR comparado a un grupo de referencia (Malone y cols., 2017).



Figura 19. Monitoreo de ratio A:C en un equipo de primera división del fútbol argentino durante pretemporada y temporada. Las líneas rojas marcan los valores de 0,8 y 1,3. Datos propios sin publicar.

Cambios semanales en la carga.

En un trabajo realizado durante 3 pretemporadas en jugadores de rugby profesional (148 lesiones) se encontraron que incrementos superiores a 10% en la carga interna (método de RPE) de semana a semana, llevaban a un riesgo de lesión incrementado (<de 10% de riesgo a riesgos del 21 al 49% a partir de aumentos de la carga de 15 al 100%) (Gabbett, 2016).

En una línea similar, Piggott y cols. (2009) encontraron en 15 semanas de entrenamiento en pretemporada en fútbol australiano que el 40% de las lesiones estuvieron precedidas por un cambio brusco en la carga de entrenamiento (>10%). Dichos resultados deberían ser tomados con cautela ya que las lesiones encontradas fueron 5 (o sea que las lesiones asociadas a un incremento de carga fueron 2) y se contempló a todo dolor o incapacidad sufrida por un jugador que restrinja la completa participación en el programa de entrenamiento general.

En otro trabajo donde se analizaron variables de carga externa (Ehrmann, 2016) en

jugadores de fútbol profesionales durante 1 temporada, se encontró que incrementos en la DT rel de más del 9,6% con respecto al promedio de la temporada conllevaban un mayor riesgo de lesión de tejido blando sin contacto. Asimismo, disminuciones de más de 15,4 % en una variable derivada de aceleraciones(new body load), también se veía asociada a un riesgo incrementado (ver figura 20 en anexo 2). Dichas conclusiones fueron criticadas posteriormente por encontrarse discrepancias, por poseer una muestra muy pequeña y por no tener en cuenta otros factores como la edad y lesiones previas (Beato, 2017). En una dirección similar, Malone S. y cols. (2017) encontraron que cambios bruscos de semana a semana en la DAI y DS conllevaban a un mayor riesgo de lesiones.

Por otra parte, los niveles elevados de fuerza muscular (fuerza relativa en sentadilla), velocidad (5, 10 y 20 mts), RSA (tiempo total)(Malone S. y cols., 2018), resistencia intermitente(velocidad final test intermitente 30-15) y de carga crónica elevada (Malone S. y cols., 2017) podrían actuar como moderadores al atenuar el riesgo ante cambios bruscos de cargas de semana a semana.

Exposiciones a velocidades máximas.

Una gran cantidad de deportes demandan la realización de esfuerzos máximos a altas velocidades de carrera. Una alta cantidad de lesiones, especialmente de la musculatura isquiotibial, se producen durante éste tipo de esfuerzos. La estimulación de ésta musculatura durante el sprint no se ve reproducida de similar manera con ningún otro ejercicio. De ésta forma, diferentes trabajos estudiaron las exposiciones a velocidades elevadas y su riesgo de lesión asociado. Malone (2016) muestra como un número de exposiciones intermedias por encima del 95% de la velocidad máxima individual durante un microciclo en fútbol gaelico podría relacionarse con una disminución del riesgo. La velocidad máxima en este estudio se tomó como la velocidad entre 20 y 40 mts medidas con fotocélulas, mientras que se actualizaba si durante algún entrenamiento o partido se encontraba un pico de velocidad mayor medido con un dispositivo de 4 Hz. El número ideal de exposiciones en general fue de 7, aunque encontrándose que jugadores con carga crónica elevada tenían un riesgo disminuido con 10-15 exposiciones.

Por otra parte, Colby (2018) mostró que jugadores de fútbol australiano que tenían exposiciones a > 85% de la velocidad máxima en 5-8 sesiones de las últimas 4 semanas, tenían un menor riesgo de lesiones sin contacto.

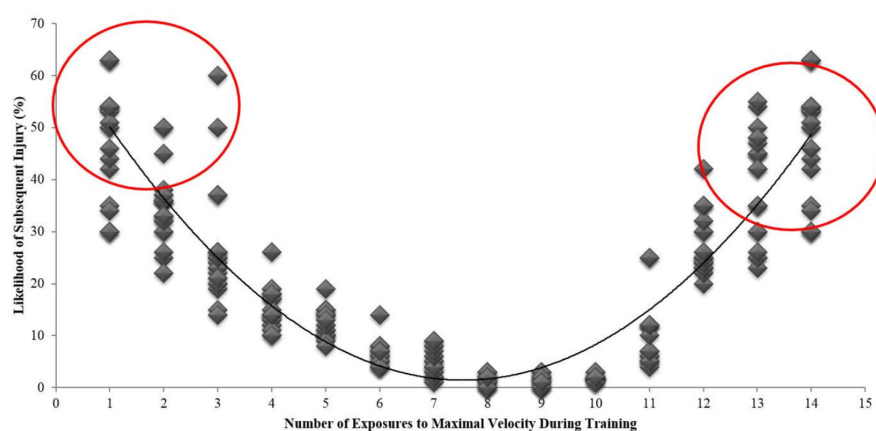


Figura 21. Número total de exposiciones semanales por encima del 95% de la V max y su conexión con la incidencia de lesiones (Malone y cols., 2017).

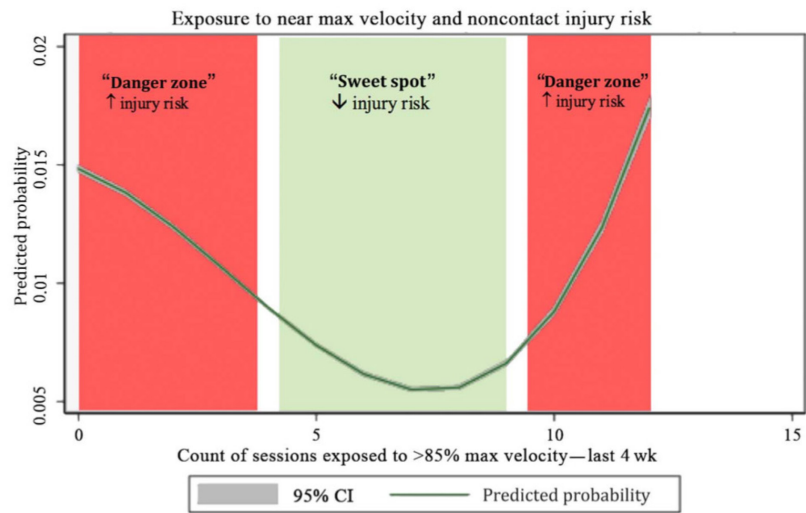


Figura 22. Probabilidad predictiva de lesión para los mayores modelos prácticos de exposición a la V max. Es evidente una relación en forma de U entre el n de sesiones con exposiciones cercanas a la V max y el riesgo de lesiones sin contacto. Para minimizar el riesgo, los atletas deberían pretender alcanzar más del 85 % de su V max en 5 a 8 sesiones durante un periodo de 4 semanas. CI indica el intervalo de confianza (Colby y cols., 2018).

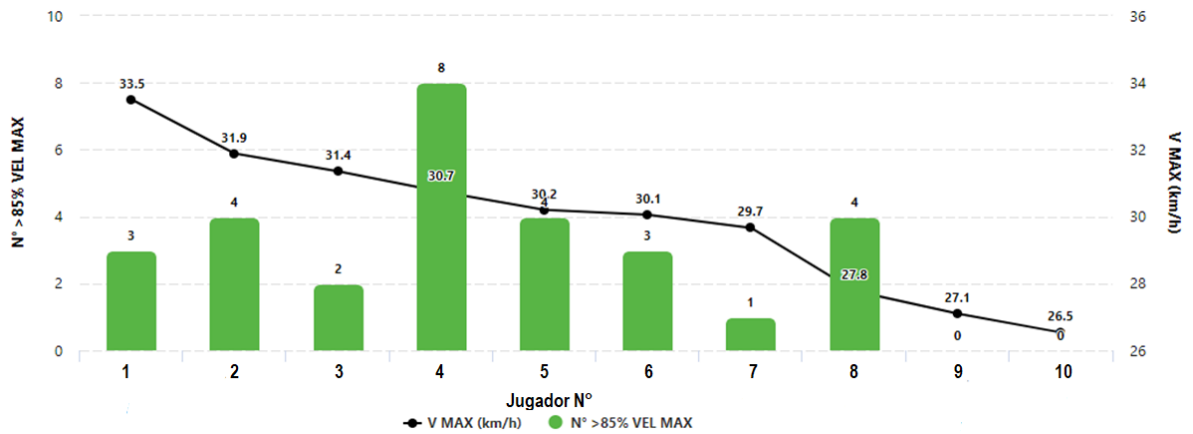


Figura 23. V max de 10 jugadores diferentes y exposiciones semanales por encima del 85% de V max (Datos propios sin publicar).

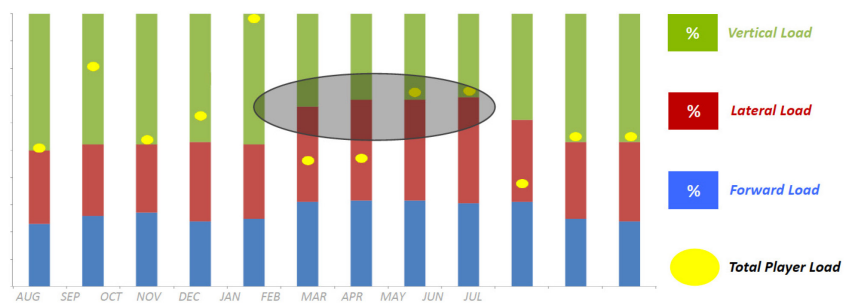


Figura 24. Modificación del componente vertical, lateral y horizontal de la carga en un jugador a lo largo de los meses y su relación con una lesión por sobreuso (Tenney, 2016).

3-Contribución en el proceso de retorno a la competencia.

El monitoreo de actividades de campo permite la comparación con valores previos a la lesión y provee un criterio útil y funcional para pasar a una etapa de actividad con el equipo y a la competición (Franchini y cols., 2017).

Un análisis de las demandas específicas por puesto medidas con GPS provee información central sobre el nivel y volumen de cargas conseguidas por un jugador en el contexto de juego. Ésta información será vital para el desarrollo de protocolos de rehabilitación y de retorno a la carrera (RTR) específicos a la posición del jugador para optimizar un seguro retorno al juego (RTP) (Reid, 2013).

En la guía de consenso italiano de RTP luego de lesiones musculares en fútbol (Bisciotti y cols. 2019), se propone tener en cuenta como parte de las estrategias una evaluación cuantitativa donde se dan 6 zonas de distancias recorridas y tiempo a diferentes velocidades, una evaluación cualitativa basada en el tiempo empleado en 6 zonas de potencia metabólica, y el análisis de otros parámetros, como la DT, la ED, el EDI y el Anaerobic index (AI). El valor de referencia utilizado para tomar la decisión positiva del regreso al juego fue estimada arbitrariamente en un máximo de 10% de diferencia en datos conseguidos en el periodo de RTT con respecto a valores previos a la lesión, conseguidos en varias sesiones "típicas", con características similares.

Además, más allá de sostener que el uso del ratio AC todavía se encuentra en debate, sugieren su cálculo como una forma útil de manejar el incremento progresivo de las cargas de entrenamiento que podría disminuir el riesgo de reincidencia.

Blanch y Gabbet mostraron una relación predictiva fuerte ($r^2:0,53$) entre el ratio A:C y la probabilidad de lesión, por lo que de acuerdo a los autores la evaluación del ratio A:C debería ser incluido en el proceso de toma de decisión del RTP. Asimismo, muestran como la probabilidad de riesgo lesional puede incrementarse durante un proceso de rehabilitación si solo se realiza una progresión sobre la carga aguda y no se tiene en cuenta la carga crónica (Tabla 10) .

Chronic workload	110	4.7	4.1	3.6	3.4	3.2	3.3	3.5
(% of normal	100	4.3	3.7	3.4	3.3	3.3	3.6	4.0
average)	90	3.9	3.5	3.3	3.3	3.6	4.2	4.9
	80	3.5	3.3	3.3	3.7	4.3	5.3	6.6
	70	3.3	3.3	3.7	4.6	5.8	7.5	9.5
	60	3.3	3.8	4.9	6.6	8.8	11.6	14.9
	50	4.0	5.5	7.9	11.0	14.9	19.6	25.1
	40	6.6	10.1	14.9	20.9	28.2	36.7	46.5
	30	14.9	23.2	33.7	46.5	61.4	78.6	98.0
		60	70	80	90	100	110	120
		Acute workload (% of normal average)						

Tabla 10. Posibilidad de lesión utilizando la ecuación derivada de 3 deportes diferentes comparando distintos escenarios de carga de trabajo aguda y crónica. Por ejemplo, si un atleta tiene un retorno deportivo con una semana normal con carga aguda al 100% pero en las pasadas 4 semanas su carga debido a la rehabilitación promedió un 40% de su carga crónica normal, podríamos esperar una posibilidad del 28% de sufrir una lesión en la siguiente semana (Blanch y Gabbett, 2015).

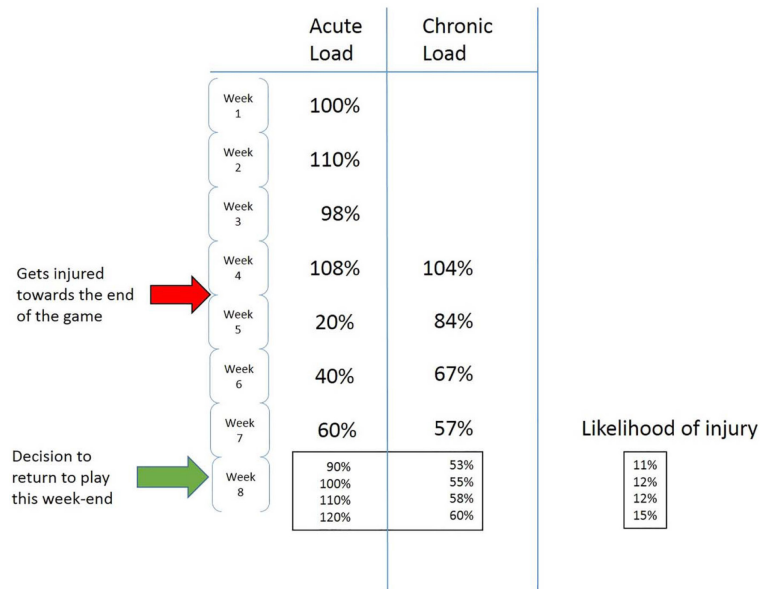


Figura 25. Representación del RTP de un jugador lesionado con diferentes probabilidades de lesión dados distintos escenarios de las demandas de retorno. Se muestra como a medida que el atleta progresa en su fase de rehabilitación (semana 4-7), su carga crónica empieza a disminuir para ser del 57% de una semana normal hacia el final de la semana 7. Al tomar la decisión del RTP en la semana 8 con la posibilidad de cargas promedio del 90-120 %, el ratio AC será de 1,7 a 2,0 con probabilidades de lesión del 11 al 15%.

La tabla 11 y figura 26 (ver anexo 2) muestran las demandas de diferentes momentos del proceso de rehabilitación y la importancia de la preparación para los peores escenarios que se pueden dar desde el punto de vista físico en la competencia y no solo las demandas promedio.

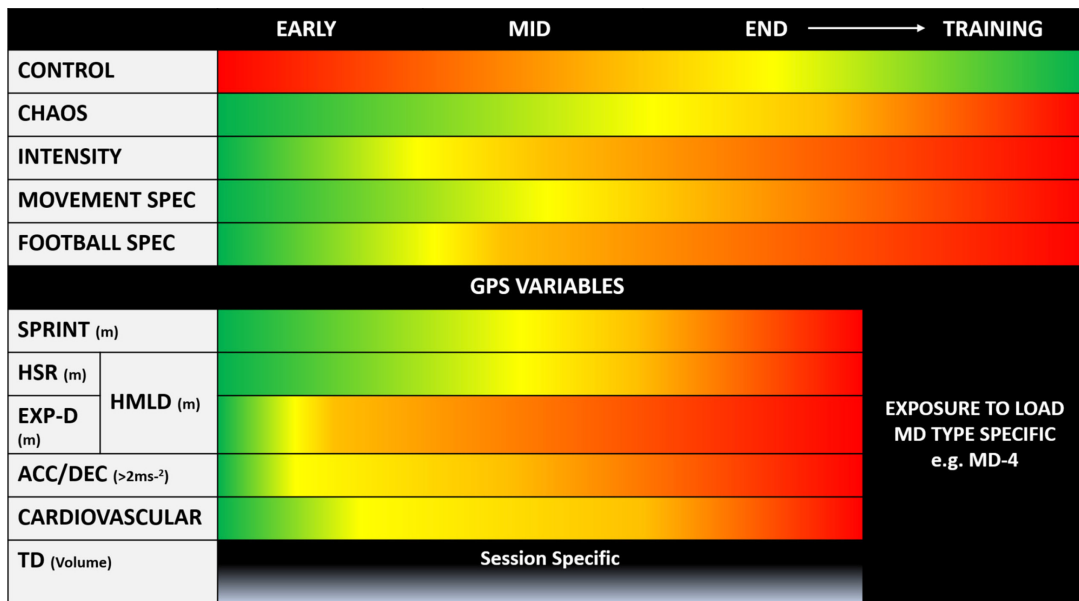


Figura 27. Modelo de preparación física de campo para rehabilitación del tendón de isquiotibiales. La preparación muestra la progresión con diferentes variables derivadas de GPS (rojo =alto > verde=bajo). HSR (DAI), EXP-D (distancia explosiva), HMLD (distancia con carga metabólica alta), Acc (acel), Dec (desacel), TD (DT), MD (día del partido)(Taberner y Cohen, 2018).

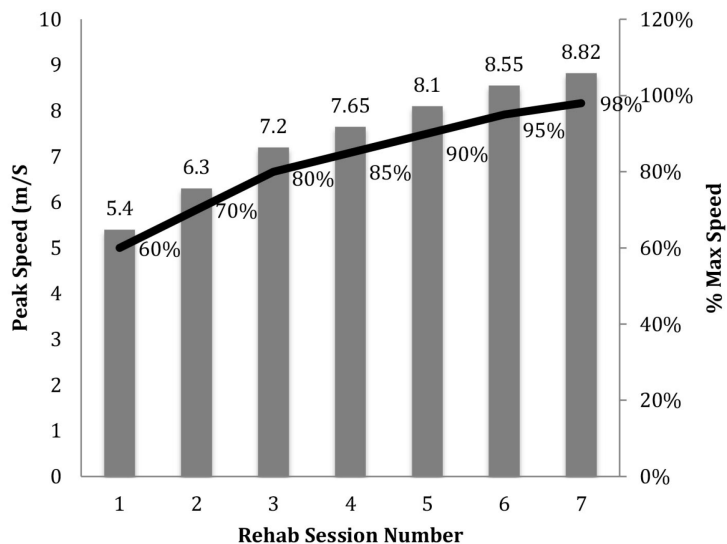


Figura 29. Progresión del pico de velocidad (V_{max}) en un proceso de rehabilitación. Las barras indican la V_{max} y la línea representa el % V_{max} del jugador (Burgess, 2017).

Otro parámetro a ser tenido en cuenta durante el proceso de readaptación del futbolista lesionado es la simetría de carrera. El control de la presencia de asimetrías que se obtienen mediante el acelerómetro, es fundamental cuando se lleva adelante un proceso de rehabilitación, aunque también podría ser de gran utilidad a fines preventivos. Buchheit y cols.(2015) contrastaron los datos inferidos por un dispositivo GPS con acelerómetro sobre tiempo de vuelo(TV), tiempo de contacto(TC) y stiffness vertical(K) con los datos de una cinta que midió a 1000 Hz la fuerza de reacción vertical durante 30'' de carreras lineales a 3 velocidades diferentes. Se encontraron correlaciones casi perfectas para TC y K y buenas para TV.

Valores de $\pm 5\%$ son considerados como normales.

Las figuras 30, 31 y 32 muestran diferentes niveles de simetría en sujetos que siguen una rehabilitación y sujetos que entrenan con normalidad.

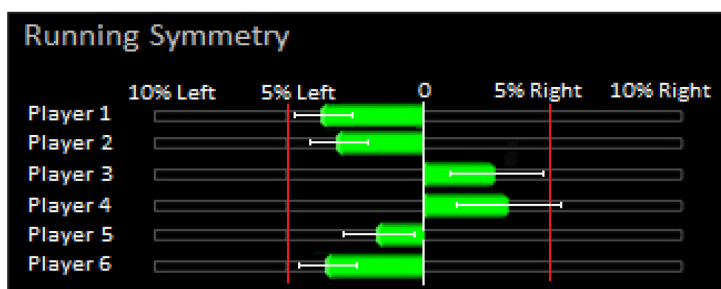


Figura 30. Diferentes niveles de simetría de carrera para jugadores que entrenan normalmente.

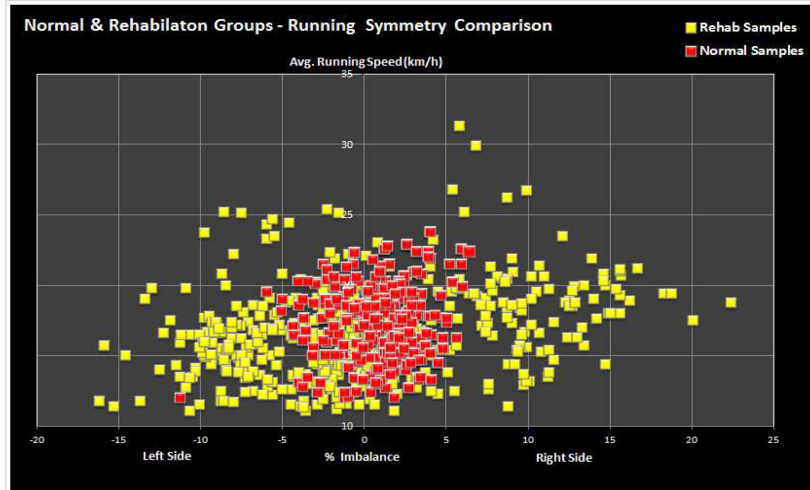


Figura 31. Muestras de simetría de carrera a diferentes velocidades en sujetos con entrenamiento normal y en proceso de rehabilitación.

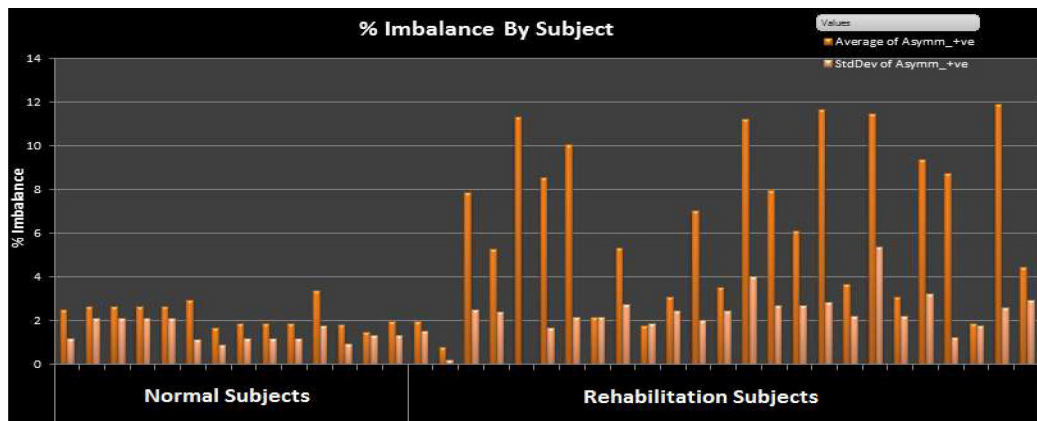


Figura 32. % de disbalance promedio y desvío st en sujetos con entrenamiento normal y en proceso de rehabilitación.

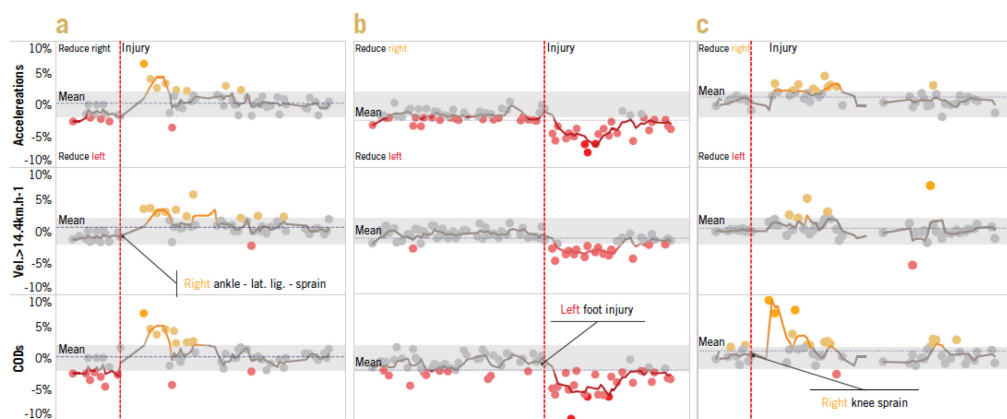


Figura 33. Ejemplos de simetría en 3 jugadores antes de lesionarse y durante el periodo de RTP después de a) esguince tobillo derecho, b) esguince tobillo izquierdo, y c) esguince rodilla derecha (ligamento medial). La simetría fue calculada del force load de todos los impactos del pie durante: aceleraciones, DAI y CDD. Círculos naranjas= déficit pierna der >2%; círculos rojos= déficit pierna izq > 2%; líneas intermitentes= fecha de lesión (Lacome y cols., 2018).

Segunda Parte

“Valoración de las demandas físicas y perfil de actividad en jugadores amateurs”.

- **Actualización de las demandas físicas en fútbol, hockey, básquet.**

En el ámbito del **fútbol** de elite, las demandas físicas se han ido modificando en los últimos años. Desde el 2006 al 2013 en la Liga Premier de Inglaterra, si bien la distancia total recorrida prácticamente no se ha modificado (+2%, 10679 vs 10881 mts), la DAI > 19,8 km/h y la DS > 25,1 km/h se han incrementado cerca del 30% (890 vs 1151 mts) y 35% (232 vs 350 mts) respectivamente (Barnes y cols 2014). O' Donoghue y cols. (2001) comparó el perfil de actividad de jugadores profesionales, semiprofesionales y amateurs mediante un sistema de time-motion analysis computarizado, encontrando que los futbolistas de elite mostraban un mayor porcentaje del tiempo total (12,4% vs 10,4% y 11,7% respectivamente) y una mayor cantidad de periodos realizando actividades a alta intensidad que los semiprofesionales y los amateurs. En otro estudio, Casamichana y Castellano (2011) analizaron las demandas físicas de la competición en jugadores semiprofesionales de fútbol de la 3ra división de la liga española, mostrando valores de distancia recorrida por minuto (Drel) de 112,9 mts/min, velocidad máxima (Vmax) de 27,1 km/h y Player load por minuto (PL/min, carga del jugador por minuto) de 13,4 UA. Siguiendo la misma línea de investigación, Casamichana y cols. (2012) midieron partidos amistosos en jugadores semiprofesionales de la misma liga, encontrando datos similares (113 mts/min, 27 km/h y 13,5 PL/min). En otra publicación del mismo autor (Casamichana y cols. 2012), se examinaron las demandas de jugadores de fútbol adultos amateurs, aunque durante partidos de fútbol 7 vs 7.

Datos propios sin publicar de jugadores profesionales argentinos de 1ra división donde se analizaron solamente a jugadores que completaban todo el partido (2016 n=59 y 2017 n=83), muestran valores de DT de 9976 y 10444 mts., Drel de 104 y 109,7 mts/min, DAI > 14,4 km/h 2032 y 1946 mts. DS > 24 km/h de 182, Vmax de 29,1 y 29,8 km/h, PL 894 y 1066, y CDD de 39,7. H

En **hockey**, la evolución de las capacidades técnicas y tácticas, sumado a las modificaciones reglamentarias, han desencadenado cambios en las demandas de las competiciones.

Lythe y Kilding (2011) reportaron valores promedio de DT en jugadores de elite de 6798 mts, una Drel de 116,6 mts/min en jugadores que completaron los 70' de juego, con valores aumentando según el puesto específico desde defensa a ataque (DEF < MED < DEL).

En un estudio reciente (Sunderland y Edwards, 2017) realizado con jugadores de elite, se muestran valores de Distancia Total, D rel y porcentaje del tiempo total a > 15,5 km/h de 8001 mts, 122,1 mts/min y 6,8 % para Defensores Centrales, 6435 mts, 130 mts/min y 8,8 % para Defensores laterales, 6415 mts, 139,7 mts/min y 10,8 % en Mediocampistas y 5844 mts, 147,9 mts/min y 13,5 % en Delanteros respectivamente. Los valores absolutos incrementados en Defensores fueron causados por la mayor cantidad de sustituciones que se realizan en las líneas del mediocampo y ataque.

En hockey femenino, Vescovi y Frayne (2015) analizaron las demandas físicas de jugadoras universitarias estadounidenses, encontrando distancias relativas totales (mts/min) y picos de velocidad (km/h) según posición de 98 y 23,8 para defensores, 109 y 24,4 para mediocampistas, 110 y 25 para delanteros respectivamente. Los mismos autores reportan valores relativos de 112 mts/min en jugadoras de selección canadiense sub-21.

Macutkiewicz (2011) brindan datos de jugadoras de nivel internacional, encontrando valores absolutos y relativos de DT de 5541 mts y 115,4 mts/min respectivamente, con un promedio de 232 mts recorridos > 20 km/h.

Mc Mahon y Kennedy (2017) analizaron las demandas competitivas en jugadoras de elite con dispositivos similares a los utilizados en el presente estudio, mostrando datos (previos a los cambios reglamentarios del 2015) de Drel y Vmax promedio de 109,1 mts/min y 23,9 km/h (99,8-23,3, 111,5-24 y 111,8-24,2 para DEF, MED y DEL respectivamente) y de PL y PL/min (503,3 UA y 11,32 UA/min). En otro estudio con jugadoras de elite (Mc Guinness y cols., 2017) se encontraron DT y Drel de 5530 mts y 126 mts/min respectivamente y DAI (>16 km/h) de 587 mts (13 mts/min). Valores similares se mostraron en otra publicación actual (Mc Guinness y cols., 2018), especificando valores promedio y por puestos (DEF/MED/DEL) de DT (4847 mts, 5181/4740/4549 mts), Drel (127,6 mts/min, 115,1/131,7/142,2 mts/min), Vmax (24,7 km/h, 25/24/24 km/h), DAI > 16 km/h absoluta y relativa (580 mts-15,3 mts/min, 552-13,8/ 545-14,8/ 657 mts- 18,2 mts/min) y DS > 20 km/h (137 mts, 140/121/154 mts).

En el ámbito del **Básquet**, Fox y cols. (2018) mostraron datos de jugadores semiprofesionales de una liga de segundo nivel australiana, encontrando datos de PL de 449+-118 y de PL/min de 4,35 +-1,09. Se han reportado datos de diferentes simulaciones de competencias, encontrando valores promedio de PL/min de 21,1+-11 UA en jugadores juniors (19,1 años) de elite (Montgomery, 2010) y de 17,9+-4,6 en jugadores profesionales de la 1ra. División de la liga española (Schelling y Torres, 2016).

En otro estudio publicado por Scanlan y cols. en 2011, se comparan las demandas de jugadores de elite y sub-elite durante competiciones en la liga australiana. Si bien las distancias recorridas son similares (6390 vs 6369 mts), el perfil del jugador de elite muestra mayor actividad en las zonas de trote y carrera (1,1 a 7 m/s) y valores más bajos en las zonas de caminata y de sprint (0 a 1 m/s y >7 m/s respectivamente).

Montgomery y Maloney (2018) reportan datos de partidos oficiales 3 vs 3 de 10' con profesionales de 121,5 PL, 6,68 PL/min, 6,5 saltos > a 40 cm, 5,72 y 5,84 aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad respectivamente y 8,15 y 6,37 cambios de dirección de alta intensidad hacia izquierda y derecha respectivamente. Además brindan datos no publicados de equipos de bajo nivel de NBA, mostrando PL de 435,3+-120,4UA y 3,1+-0,9 UA de PL/min.

A nivel local, se analizaron 13 partidos de un equipo participante del torneo Super 20 de la LNB (Lambrecht 2017), encontrando valores promedio de PL y PL/min de 370 y 8,47 UA, 52 saltos totales (13,2 de 20-40 cm y 9,3 de >de 40 cm) y 12/13 aceleraciones de alta intensidad (> 3,5 m*s²). H

- **Material y Método.**

Participantes.

Durante 2016 y 2017 se analizaron las demandas físicas en una competencia regular, en la ciudad de La Plata, de 10 jugadores de fútbol de primera división de la liga amateur local, 9 jugadores de básquet de primera división de la liga local (APB), 10 jugadoras de hockey de primera división BC (AHBA) y 10 jugadores de hockey de primera división A (AHBA).

Dispositivos.

Fueron utilizados 10 unidades GPS Optimeye S5 (Catapult)*, mientras que los datos fueron procesados con el software Catapult Sprint. La validez y confiabilidad de estas unidades fueron publicados en diferentes estudios (Casamichana y cols., 2013; Johnston y cols., 2014; Barret y cols., 2014; Reksten Holme, 2015; Rampinini y cols., 2015; Scott y cols., 2016; Roe y cols., 2017; Weaving, 2017; Nikolaidis y cols., 2018; Jackson, 2018).

* Sistema GPS y GLONASS 10 Hz., acelerómetro, giroscopio y magnetómetro 3D 100 Hz.

Puestos específicos.

Los puestos específicos determinados para fútbol y hockey fueron: Defensor Central (DEF_C), Defensor Lateral (DEF_L), Mediocampista Central (MED_C), Mediocampista Lateral (MED_L) y Delantero (DEL)

Los puestos específicos determinados para básquet fueron: Alero (AL), Escolta (ES), Base (BA), Pivot (PI) y Ala Pivot (API).

Procedimientos.

Los dispositivos se introdujeron en un bolsillo ubicado en la parte superior de su espalda, entre las escápulas y la parte inferior de la espina cervical. Las unidades fueron activadas durante 10 minutos antes del comienzo del partido siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Todos los equipos monitoreados desarrollaron entrenamientos durante el periodo competitivo con una frecuencia de 3 veces por semana además de la competencia.

FUTBOL.

La competencia se desarrolló en el marco del Torneo Clausura 2016 de la liga amateur platense, que cuenta con 31 equipos afiliados y cuyos equipos mejores clasificados podrán tener participación en el Torneo Federal C (5ta División de AFA).

El partido se disputó en condición de local, en cancha de césped de 106 x 60 mts., con una temperatura ambiente de 21 grados.

El resultado del partido fue 0-0, se jugaron 45'30'' y 49'30'' durante el 1er y 2do tiempo respectivamente. El sistema de juego utilizado fue 4-4-2. No hubo expulsiones y sólo un jugador jugó menos de 70', corte utilizado para excluir a un jugador de la media del equipo.

HOCKEY DAMAS.

La competencia se desarrolló en el marco del Torneo de 1ra división B/C 2017 de Damas de la Asociación de Hockey de Buenos Aires (AHBA), que cuenta con más de 100 clubes registrados de la ciudad de Bs As y Gran Bs As.

El partido se disputó en condición de local, en cancha de césped sintético de arena de 92 x 55 mts., con una Temperatura ambiente de 14 grados.

El resultado del partido fue 1-1, se jugaron 35'12'' y 43'23'' durante el 1er y 2do tiempo respectivamente (2 tiempos de 35' con 10' de pausa entre tiempos). El sistema de juego utilizado fue 3-4-3. No hubo expulsiones y 2 jugadoras jugaron menos de 50', corte utilizado para excluir a un jugador de la media del equipo.

HOCKEY CABALLEROS.

La competencia se desarrolló en el marco del Torneo de 1ra división A/B 2017 de Caballeros de la Asociación de Hockey de Buenos Aires(AHBA) , que cuenta con más de 100 clubes registrados de la ciudad de Bs As y Gran Bs As

El partido se disputó en condición de local, en cancha de césped sintético de arena de 92 x 55 mts., con una Temperatura ambiente de 15 grados.

El resultado del partido fue 1-4, se jugaron 38'15'' y 39'15'' durante el 1er y 2do tiempo respectivamente (2 tiempos de 35' con 10' de pausa entre tiempos). El sistema de juego utilizado fue 3-4-3. No hubo expulsiones y 1 jugador jugó menos de 50', corte utilizado para excluir a un jugador de la media del equipo.

BASQUET.

La competencia se desarrolló en el marco del Torneo 2017 de la Asociación Platense de Basquetbol (APDEB), que cuenta con 31 equipos afiliados.

El partido se disputó en condición de local, en cancha techada de piso flotante, con una Temperatura ambiente de 18 grados. Se jugaron 4 cuartos de 10' cada uno con 2' de pausa y 10' de pausa en el entretiempo del 2do y 3er. cuarto.

El resultado del partido fue 65-58. Un jugador participó 3' y otro no tuvo participación por lo que se excluyeron de la media del equipo.

Para el análisis de los datos, se eligieron las variables más significativas para cada deporte, se establecieron zonas de velocidad y aceleración y las abreviaturas respectivas, tal como se muestra en el Glosario de este trabajo.

Las variables analizadas varían en función del deporte. Para fútbol, las variables medidas fueron DT, PL, Drel, DAI, DS, Dacel, Ddesacel, Vmax, CDD, acel, desacel y saltos.

En Hockey se tomaron las mismas variables con excepción de los Saltos.

Para Básquet se decidió quitar las variables derivadas de GPS por ser un deporte indoor (éstas variables pierden validez en dichas condiciones) y se analizaron las derivadas de los sensores inerciales, como el PL, PL/min, esfuerzos explosivos, CDD, acel, desacel y saltos.

Los umbrales de velocidad y aceleración establecidos han sido detallados en el Glosario. Para éste estudio, y más allá de las consideraciones realizadas, se mantienen los mismos umbrales para los diferentes deportes y sexo para posibilitar la comparación entre las variables elegidas (salvo DS en fútbol y hockey).

Análisis estadístico.

Los datos se presentan principalmente en términos descriptivos, utilizando medias y desvíos estándar.

- **Resultados.**

1- FUTBOL.

La DT promedio recorrida durante la competencia fue de 9340+969 mts durante los 95' de juego. La Drel fue de 98,3+10,2 mts/min, DAI de 1815+533 mts. y DS de 175+93 mts. En cuanto a las variables derivadas de los sensores inerciales se encontraron en promedio 30,8+12,6 CDD de alta intensidad, 9,7+3,2 saltos y 12,9+6,2 y 14,2+4,5 aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad respectivamente, con un PL de 876.

PUESTO	DT (mts)	DURACION (min)	D rel (mts/min)	V max (km/h)	PL	saltos	CDD	acel	desacel	DAI (mts)	DS (mts)	D desacel (mts)	D acel (mts)
DEF_L	10833	95	114,0	27,1	1080	11	33	8	15	2518	155	228	352
MED_L	10080	95	106,1	29,0	1055	7	35	24	10	2015	196	229	290
MED_L	9876	95	104,0	30,3	915	8	31	6	7	2541	315	317	440
DEF_C	9419	95	99,2	28,2	908	16	44	16	23	1508	146	207	298
MED_C	9378	95	98,7	24,0	756	9	22	6	16	1522	13	217	307
DEF_L	9273	95	97,6	29,7	777	5	4	8	13	2063	258	242	335
DEL	9089	95	95,7	28,1	853	12	34	17	15	1822	207	246	302
DEL	8784	95	92,5	31,5	806	9	47	15	12	1575	216	288	361
DEF_C	7326	95	77,1	28,5	730	10	27	16	17	771	68	125	205
PROM	9340	95	98,3	28,5	876	9,7	30,8	12,9	14,2	1815	175	233	321
S	969	0	10,2	2,1	126	3,2	12,6	6,2	4,5	553	93	54	64
MED_C	5962	60	99,3	23,0	564	5	16	8	8	807	0	110	160

Tabla 1.1 Principales variables analizadas durante la competencia (valores de cada jugador, promedio y desvío estándar).

Los DEF_L y MED_L tuvieron los más altos valores de DT (10053 y 9978 mts) por sobre los MED_C (9378 mts), DEL (8937 mts) y DEF_C (8373 mts).

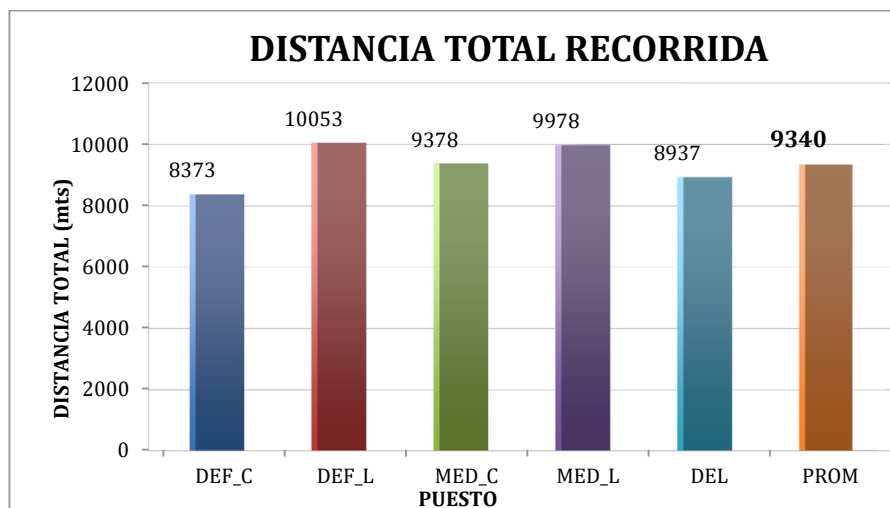


Figura 1.1 Distancia total recorrida (mts.) por puesto específico (media).

La DAI mostró los valores mas elevados en DEF_L (2291 mts) y MED_L (2278 mts), mientras que los DEF_C (1140 mts) fueron los que obtuvieron valores más bajos (Figura 1.2).

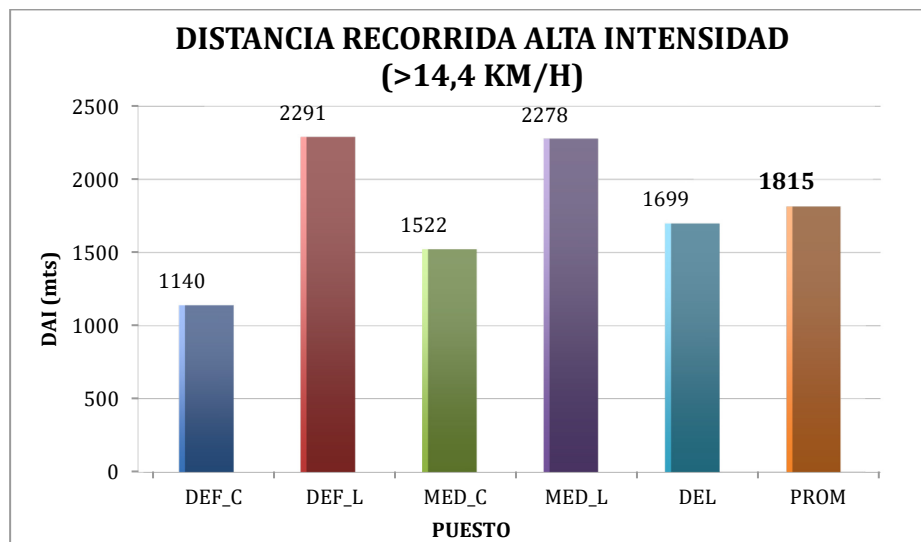


Figura 1.2 Distancia recorrida > 14,4 km/h (mts.) por puesto específico (media).

La DS fue mayor en MED_L con respecto a DEL y DEF_L, mientras que los DEF_C mostraron menores distancias con respecto a DEL y DEF_L. Los MED_C mostraron los valores mas bajos de DS (Figura 1.3).

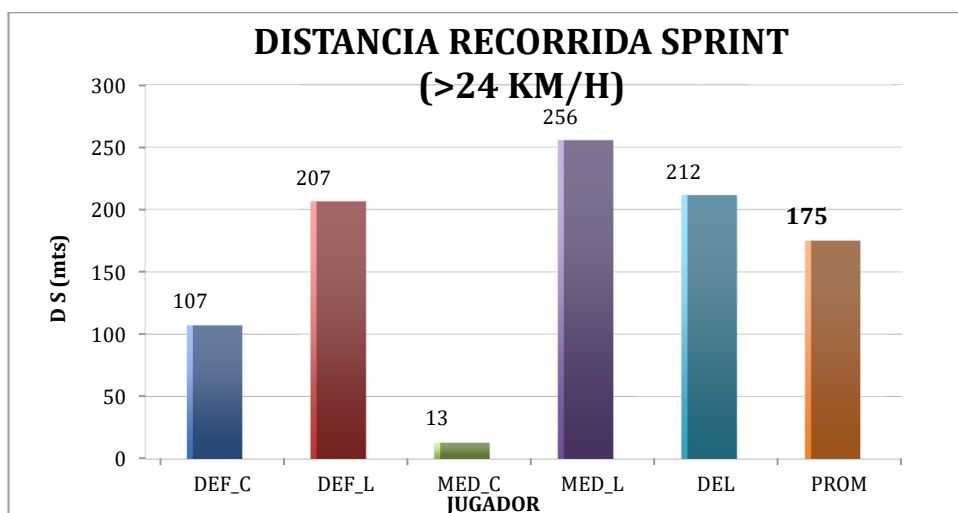


Figura 1.3 Distancia recorrida > 24 km/h (mts.) por puesto específico (media).

2- HOCKEY MASCULINO.

La DT promedio recorrida durante la competencia fue de 7938 +-556 mts durante los 69' de juego. La Drel fue de 117 +-16,4 mts/min, DAI de 1730 +-555 mts. y DS de 249 +-131 mts. En cuanto a las variables derivadas de los sensores inerciales se encontraron en promedio 22,7 +-6,6 CDD de alta intensidad, 9,2+-5,2 y 7,2+-3,1 aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad respectivamente, con un PL de 731.

PUESTO	DT (mts)	DURACION (min)	D rel (mts/min)	V max (km/h)	PL	CDD	acel	desacel	DAI (mts)	DS (mts)	D desacel (mts)	D acel (mts)
MED_C	7878	63	124,6	23,2	808	11	3	4	1755	131	212	278
DEL	8732	65	135,4	27,0	671	23	8	3	2707	556	287	341
MED_L	8229	66	125,6	24,6	833	24	4	13	1940	232	218	256
MED_L	7651	54	141,0	25,4	750	18	3	8	2356	156	228	259
MONITORE	7749	69	113,1	26,8	730	24	10	7	1659	288	251	324
DEF_C	7033	74	95,7	28,1	565	17	14	7	1270	201	206	241
MED_C	8731	74	118,8	25,3	825	31	12	8	1713	252	230	278
DEF_C	7934	78	102,4	27,5	656	32	18	10	1211	294	212	302
DEF_C	7507	78	96,9	25,4	740	24	11	5	962	129	184	264
PROM	7938	69	117,0	25,9	731	22,7	9,2	7,2	1730	249	225	283
S	556	7,6	16,4	1,6	88	6,6	5,2	3,1	555	131	30	33
DEL	5200	44,5	116,9	27,6	448	10	6	8	1055	189	150	173

Tabla 2.1 Principales variables analizadas durante la competencia (valores de cada jugador, promedio y desvío estándar).

Los MED_C y DEL tuvieron los más altos valores de DT (8305 y 8241 mts) por sobre los MED_L (7940 mts), y DEF_C (7491 mts). Sin embargo cuando se analiza la Drel los MED_L son los que poseen valores más elevados (133,3 mts/min) por sobre DEL y MED_C (124,3 y 121,7 mts/min) y DEF_C (98,3).

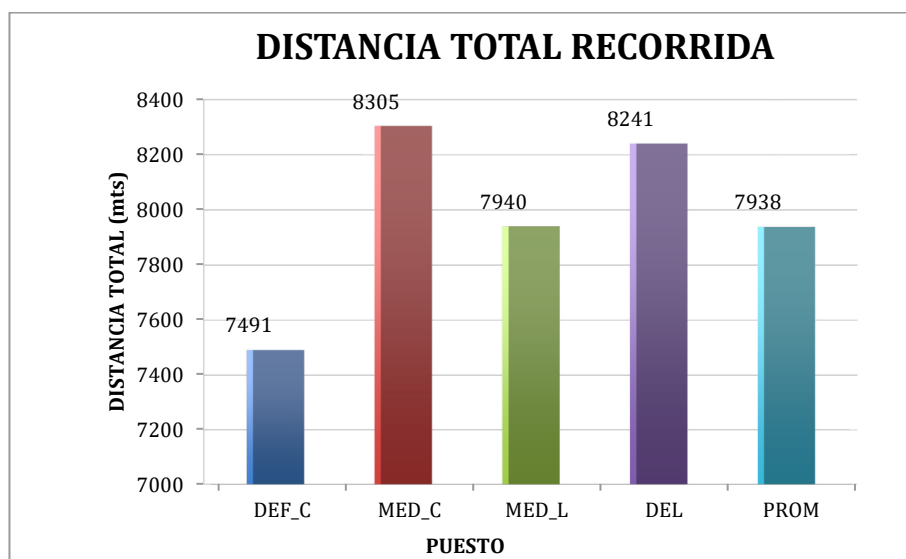


Figura 2.1 Distancia total recorrida (mts.) por puesto específico (media).

La DAI mostró los valores más elevados en DEL (2183 mts) y MED_L (2148 mts), mientras que los DEF_C (1148 mts) fueron los que obtuvieron valores más bajos

(Figura 2.2). En función del tiempo jugado, la DAI/min fue de 36,5, 33,1, 25,5 y 18,3 mts/min para MED_L, DEL, MED_C y DEF_C respectivamente.

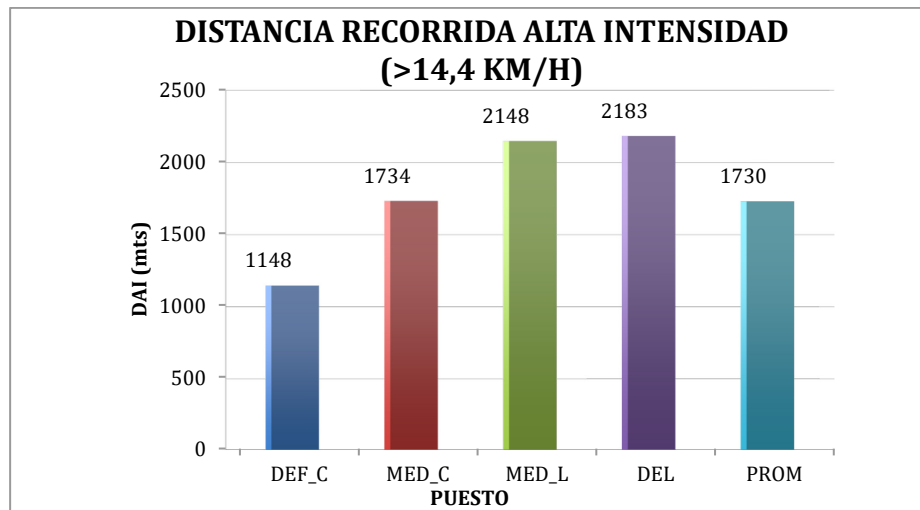


Figura 2.2 Distancia recorrida > 14,4 km/h (mts.) por puesto específico (media).

La DS fue mayor en DEL (333 mts) con respecto a otros puestos (Figura 2.3).

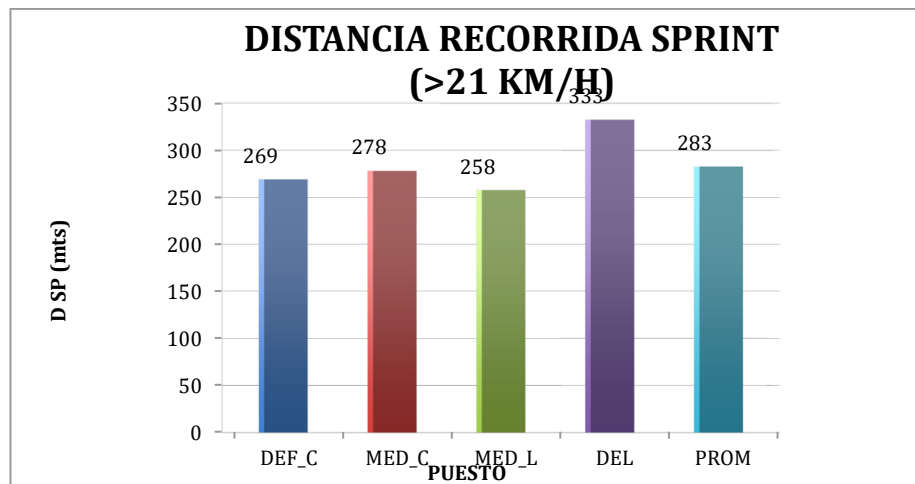


Figura 2.3 Distancia recorrida > 21 km/h (mts.) por puesto específico (media).

3- HOCKEY FEMENINO.

La DT promedio recorrida durante la competencia fue de 7597 +-856 mts durante los 75' de juego. La Drel fue de 102,1 +-12 mts/min, DAI de 1134 +-385 mts. y DS de 48 +-35 mts. En cuanto a las variables derivadas de los sensores inerciales se encontraron en promedio 14 +-8 CDD de alta intensidad, 11,5 +-5 y 3,8 +-4 aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad respectivamente, con un PL de 697.

PUESTO	DT (mts)	DURACION (min)	D rel (mts/min)	V max (km/h)	PL	CDD	acel	desacel	DAI (mts)	DS (mts)	D desacel (mts)	D acel (mts)
DEF_C	7980	78,58	101,6	25,3	812	9	9	0	1139	55	159	244
MED_C	8796	78,58	111,9	21,7	805	15	8	4	1532	32	209	259
MED_C	7484	78,58	95,2	22,3	758	10	9	2	929	38	182	219
DEL	6592	55,13	119,6	23,1	584	10	17	2	1605	117	189	253
MED_L	7774	72,63	107,0	21,6	720	9	8	12	1023	5	185	239
MED_L	8502	78,58	108,2	22,5	775	28	16	5	1380	58	188	252
DEF_C	7309	78,58	93,0	21,9	590	24	20	4	1061	65	184	251
DEF_C	6337	78,58	80,6	22,5	531	7	5	1	402	14	104	151
PROM	7597	75	102,1	22,6	697	14,0	11,5	3,8	1134	48	175	233,5
S	856	8	12	1	111	8	5	4	385	35	32	36
DEL	5625	48,71	115,5	25,6	483	9	11	5	1017	77	152	200
DEL	5563	45,14	123,2	22,7	480	5	6	3	1144	66	165	190

Tabla 3.1 Principales variables analizadas durante la competencia (valores de cada jugador, promedio y desvío estándar).

Las MED_C y MED_L tuvieron los más altos valores de DT (8140 y 8138 mts) por sobre las DEL (6592 mts), y DEF_C (7209 mts). Sin embargo cuando se analiza la Drel las DEL son las que poseen valores más elevados (119,6 mts/min) por sobre MED_L y MED_C (107,6 y 103,6 mts/min) y DEF_C (91,7).

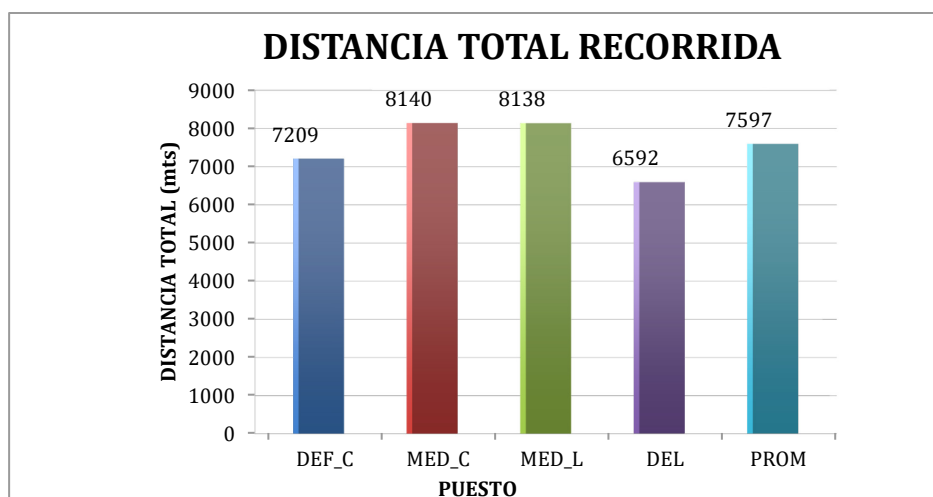


Figura 3.1 Distancia total recorrida (mts.) por puesto específico (media).

La DAI mostró los valores mas elevados en DEL (1605 mts) por sobre MED_C y MED_L (1231 y 1202 mts), mientras que los DEF_C (867 mts) fueron las que obtuvieron valores más bajos (Figura 2.2). En función del tiempo jugado, la DAI/min

fue de 29,1, 15,9, 15,7 y 11 mts/min para DEL, MED_L, MED_C y DEF_C respectivamente.

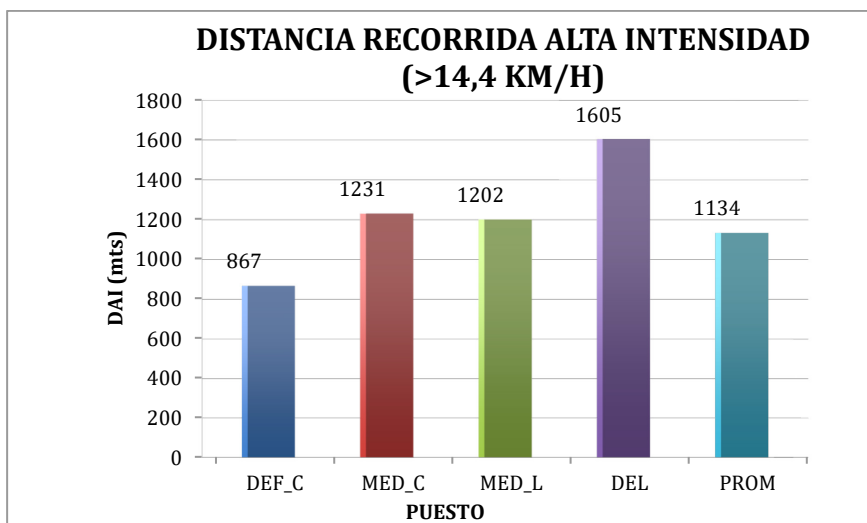


Figura 3.2 Distancia recorrida > 14,4 km/h (mts.) por puesto específico (media).

La DS fue mayor en DEL (117 mts) con respecto a otros puestos (Figura 3.3).

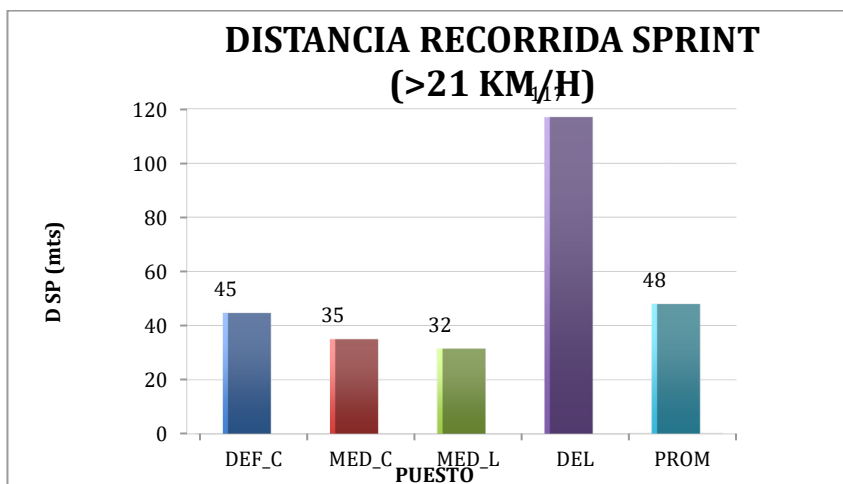


Figura 3.3 Distancia recorrida > 21 km/h (mts.) por puesto específico (media).

4- BASQUET.

Se encontraron en promedio durante la competencia un promedio por jugador de 60,4 +-36,6 CDD de alta intensidad, 18,9 +-6,4 saltos de > 20 cm., 16,1 +-8,1 y 22 +-14,4 aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad respectivamente, con valores de PL y PL/min de 465 y 10,1 UA.

PUESTO	DURACION (min)	PL	PL/min	saltos	CDD	acel	desacel
ALERO	42,46	479	11,3	18	77	22	36
ESCOLTA	67,89	707	10,4	20	116	31	51
BASE	44,92	414	9,2	12	71	10	22
ALERO	70,89	660	9,3	30	103	22	18
PIVOT	28,6	355	12,4	21	29	13	12
BASE	42,99	472	11,0	19	39	14	14
ALA PIVOT	24	229	9,6	9	23	7	9
PIVOT	44,96	404	9,0	22	25	10	14
PROMEDIO	45,8	465	10,1	18,9	60,4	16,1	22,0
S	16,5	156	1,2	6,4	36,6	8,1	14,4
BASE	3,03	65	21,5	2	2	1	2

Tabla 4.1 Principales variables analizadas durante la competencia (valores de cada jugador, promedio y desvío estándar).

Los ALERO tuvieron la mayor cantidad de saltos > de 20 cm mientras que los BASE Y ALA PIVOT fueron los puestos con valores más bajos.

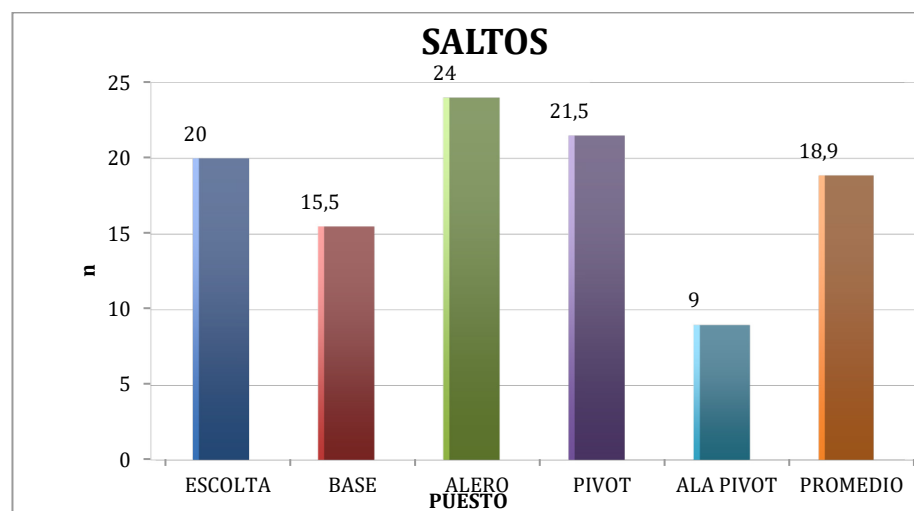


Figura 4.1 Cantidad de saltos totales por puesto específico (media).

Contabilizando la cantidad de esfuerzos explosivos y CDD de alta intensidad, los mayores valores se encontraron en el ESCOLTA (202 y 116 respectivamente), mientras que los valores más bajos se encontraron en PIVOT(54 y 27) y ALA PIVOT (41 y 23).

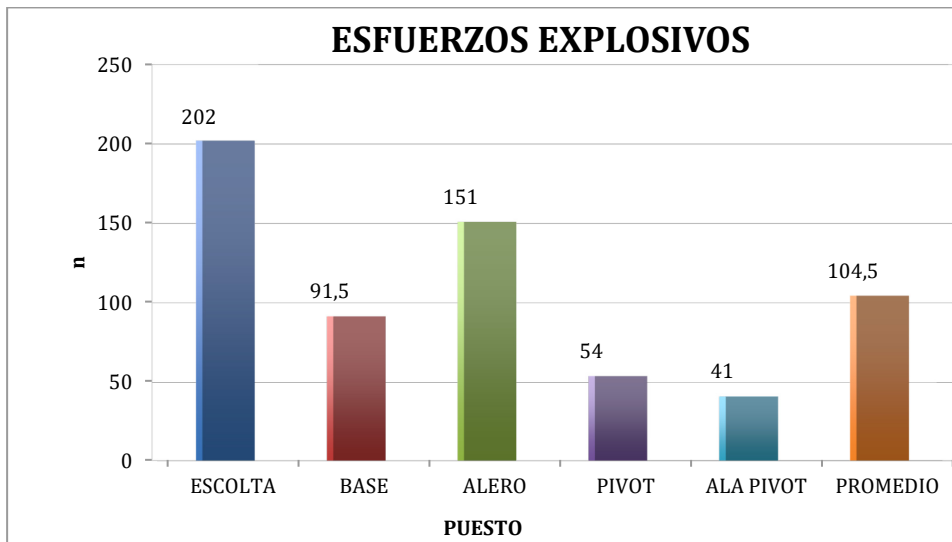


Figura 4.2 Cantidad de esfuerzos explosivos por puesto específico (media).

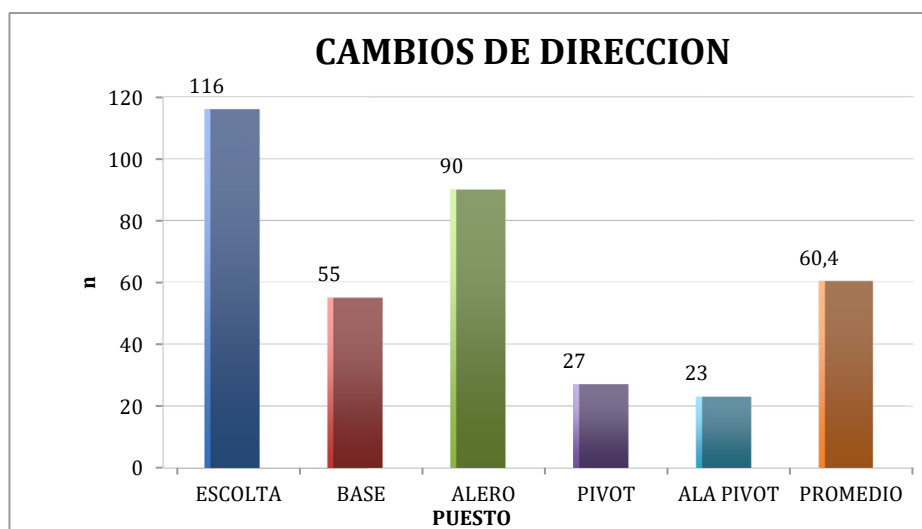


Figura 4.3 Cantidad de cambios de dirección por puesto específico (media).

Discusión.

Actualmente en el ámbito del deporte profesional el monitoreo de cargas mediante dispositivos GPS se ha visto ampliamente divulgado debido a la creciente accesibilidad de diferentes modelos y marcas. Además, cada año las publicaciones sobre la temática crecen de manera exponencial. Sin embargo, la gran mayoría de equipos y deportistas del ámbito amateur no tienen acceso a dichas tecnologías.

El entrenamiento busca preparar de manera específica al deportista para afrontar la competición, por lo tanto es fundamental conocer en detalle las demandas específicas de la competencia para la que los deportistas se preparan.

La intención del presente trabajo fue realizar un aporte a entrenadores y preparadores físicos del ámbito del fútbol, hockey y básquet amateur y semiprofesional brindando un análisis descriptivo de las demandas de las competencias a dicho nivel, que contribuya a dar referencias más aproximadas a la realidad competitiva para posibilitar el desarrollo de metodologías en función de las características de los juegos. Asimismo se muestran los diferentes perfiles físicos según las particularidades de los puestos que pueden colaborar en una comprensión más profunda de las demandas específicas.

No se han encontrado trabajos que describan el perfil físico en jugadores de fútbol, hockey y básquet amateurs.

En **fútbol** los valores promedios reportados fueron en general inferiores a los encontrados en jugadores profesionales argentinos de 1ra división (2016 n=59 y 2017 n=83) y de división reserva (2016/2017 n=24) medidos mediante los mismos modelos que en el presente estudio y analizando las mismas variables (datos no publicados). Comparando los resultados con jugadores de primera división se encontraron diferencias de 10,6% en DT y DAI, 3,4% en DS, 4,4% en Vmax, 17,9% en PL, 22,4% en CDD, y 33,4 en desacel. No hubo diferencias en saltos y en acel. Asimismo, confrontando datos con jugadores de reserva de primera división las diferencias fueron de un 6,4% en DT, 5,6% en DAI, 19,1% DS, 1,9% Vmax, 11,2% en PL y 15,3% en CDD. No se encontraron diferencias importantes en saltos, acel y desacel.

Pareciera que, en los casos marcados, las diferentes variables disminuyen en niveles de competición inferiores. Sin embargo, los valores mostrados fueron superiores a los encontrados en Torneo Federal B (2016 n=4), salvo en CDD (30,8 vs 33,5). Dicho comportamiento podría obedecer a razones referidas al tamaño de la muestra analizado en éstos niveles de competencia.

Esta tendencia no se corresponde con los datos publicados por Bradley y cols. (2010), donde no encontraron diferencias en los perfiles de jugadores europeos de elite local vs internacional, ni con los mostrados por Di Salvo y cols. (2013) donde comparan valores de la primer y segunda división de Inglaterra. Cabe resaltar que en éstos 2 casos, las ligas de menor nivel tomadas como referencia son de un altísima competitividad por lo que esa similitud en las demandas podría deberse a la poca diferencia del nivel competitivo entre las muestras comparadas, cuestión que no se produce en el presente estudio.

El perfil físico por puesto específico encontrado mostró comportamientos similares a los de 1ra división en la mayoría de las variables analizadas, salvo en DS.

En DT los DEF_L y MED_L fueron los que mayores recorridos tuvieron, seguidos por los MED_C, DEL y DEF_C.

En DAI los DEF_L y MED_L fueron los que mayores recorridos tuvieron, seguidos por los DEL, MED_C y DEF_C (en primera división se encontraron valores similares para DEL y MED_C). En DS los MED_L recorrieron más distancia que los DEF_L y DEL, seguidos por los DEF_C y por último el MED_C (en jugadores profesionales DEF_L > DEL > MED_L / MED_C > DEF_C). Éstos resultados son consistentes con lo marcado

por Trewin y cols. (2017) y Sunderland y Edwards (2017), donde se sostiene que los esfuerzos de Sprint y las carreras de alta intensidad son los parámetros que mayor variación de partido a partido poseen. Ésta última apreciación además, podría deberse a las características particulares de los jugadores evaluados y a situaciones específicas del juego.

En **hockey masculino** los valores de DT encontrados fueron superiores en términos absolutos (7938 vs 6798 mts) y similares (117 vs 116,6 mts/min) en Drel con respecto a los datos publicados por Lythe y Kilding (2011) en jugadores de elite de la liga de Nueva Zelanda. Es importante tener en cuenta que el tiempo promedio de juego por jugador fue considerablemente mayor en el presente estudio y que la Drel de los datos aportados por Lythe corresponden a jugadores que completaron todo el partido por lo que la Drel tiende a ser menor con respecto a jugadores que juegan menos tiempo. La DT absoluta por posición tuvo un comportamiento similar al mostrado en ese mismo estudio $DEF < MED < DEL$.

Comparando con otros valores de liga de Inglaterra (Sunderland y Edwards, 2017), se hallaron valores superiores de DT en mts (salvo DEF_C) pero inferiores de Drel para todos los puestos específicos (DEF_C 7491mts/ 98,3 mts/min vs 8001 mts/122 mts/min; MED_C 8305 mts/ 121,7 mts/min- MED_L 7940 mts/133,3 mts/min vs 6415 mts/139,7 mts/min; DEL 8241 mts/ 124,3 mts/min vs 5844 mts/ 147,9 mts/min).

En cuanto a **hockey femenino** los resultados comparados con jugadoras de elite de selección de Irlanda (Mc Mahon y Kennedy, 2017) muestran valores levemente inferiores de Drel (102,1 y 109,1 mts/min), Vmax (22,6 y 23,9 km/h), y PL/min (9,7 y 11,3 UA), y superiores de PL (697 y 503). Datos aportados por Mc Guinness y cols. (2017 y 2018) de jugadores de elite internacional muestran valores ampliamente superiores en Drel promedio y para todos los puestos, siendo los valores absolutos de DT inferiores. Dicha diferencia considerable con el primer estudio citado podría deberse a que en éste todavía no se habían incluido los cambios reglamentarios del 2015, por lo que las jugadoras tienen en promedio menor participación posibilitando periodos de prestaciones relativas mayores. Las diferencias específicas entre puestos que brindan éstos estudios son similares a las encontradas en la presente investigación. Las Drel, DS, DAI y DAIRel más elevadas las tuvieron las DEL, mientras que las MED tuvieron valores mayores que las DEF.

En **básquet** se encontraron valores levemente inferiores en saltos (18,9 y 22,5) y levemente superiores en PL (465 y 370), PL/min (10,1 y 8,7) y acel (16,1 y 13) con respecto a datos de la LNB. Éstas pequeñas diferencias podrían deberse en parte a la diferencia existente, entre muestras, de masa corporal, situación que favorecería la posibilidad de llegar a umbrales mayores de aceleración, por ejemplo. Por otra parte, los resultados de otras investigaciones no muestran relación con los valores obtenidos a nivel local, posiblemente debido a que puede existir grandes diferencias relativas en función de los cortes temporales que se realicen con los softwares durante los periodos (tiempos muertos, faltas, lesiones, minutos, etc.).

-Limitaciones e investigaciones futuras

Una de las limitaciones del presente estudio fue la omisión del registro de variables individuales como edad, peso, talla, y otras. Por otro lado, únicamente participaron jugadores del mismo equipo, por lo que se desconoce si los perfiles físicos encontrados se podrían generalizar a otros equipos del mismo nivel competitivo.

La gran cantidad de variables y datos obtenidos debieron ser resumidos y acotados. El presente trabajo aportó información valiosa y esencial que sugiere nuevas líneas de investigación en éste nivel de competencia.

Conclusiones

- Los dispositivos GPS son herramientas útiles para la cuantificación de la carga externa. Es importante conocer los niveles de error propios de cada modelo, unidad y software utilizado en el contexto particular, donde una variedad de factores puede influir en la precisión de los datos.
- Existen una cantidad de variables asociadas a factores climáticos, a las características de los esfuerzos y a las particularidades del juego o competencia que influyen sobre las prestaciones más allá de las características de los deportistas, por lo que el análisis de los datos debe realizarse teniendo en cuenta estos aspectos.
- Es importante acentuar que éstos dispositivos brindan información respecto a un aspecto de la carga solamente, y que en ciertas situaciones y ante una misma carga externa en un mismo deportista podemos encontrar impactos de la carga global disímiles.
- En los últimos años se han desarrollado dispositivos con microsensores acoplados que permiten sumar precisión a las mediciones de esfuerzos de muy alta intensidad y corta duración, cíclicos y acíclicos, y posibilitan la monitorización en disciplinas indoor, independientemente de la señal GPS o GNSS.
- Las principales aplicaciones se dan en el ámbito de la planificación y control del entrenamiento, la disminución del riesgo de lesiones y la contribución en el proceso del RTP.
- Se brindan datos descriptivos que pueden servir como referencia en deportes de conjunto amateurs, donde hasta el momento hay un campo importante por explorar.
- Todos estos aspectos mencionados y sus interacciones deben ser comprendidos y analizados profundamente a la hora de utilizar éstas valiosas herramientas en pos de realizar un análisis riguroso pero a su vez simple y práctico que permita tomar decisiones para mejorar la performance y el rendimiento deportivo.

Referencias bibliográficas.

Akenhead, R.; Harley, J.; y Tweddle, S.: "Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration". *J Strength Cond Res* 30(9): 2424–2432, 2016.

Andersson, H.; Ekblom, B.; Krstrup, P.: "Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions". *Journal of Sports Sciences*, 26, 113–122, 2008.

Andersson, H.; Randers, MB.; Heiner-Moller, A.; Krstrup, P.; Mohr, M.: "Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games". *J Strength Cond Res*. 24(4):912-9, 2010.

Bacon, CS.; Mauger AR.: "Prediction of Overuse Injuries in Professional U18-U21 Footballers Using Metrics of Training Distance and Intensity". *J Strength Cond Res*. 2017 Nov;31(11):3067-3076.

Baptista, I.; Johansen, D.; Figueiredo, P.; Rebelo, A.; Pettersen, SA.: "A comparison of match-physical demands between different tactical systems: 1-4-5-1 vs 1-3-5-2". *PLoS ONE* 14(4): e0214952, 2019.

Barrett, S.; Midgley, A.; Lovell, R.: "PlayerLoad: Reliability, Convergent Validity, and Influence of Unit Position During Treadmill Running"
International Journal of Sports Physiology and Performance, 9, 945-952, 2014.

Barnes, C.; Archer, DT.; Hogg, B.; Bush, M.; Bradley, PS.: "The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League". *Int J Sports Med*. 35(13):1095-100, 2014.

Beato, M.: "Ehrmann, FE, Duncan, CS, Sindhusake, D, Franzsen, WN, and Greene, DA. GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *J Strength Cond Res* 30(2): 360-367, 2016". *J Strength Cond Res*. 31(4), 2017.

Bloomfield, J.; Polman, R. y O' Donoghue, P.: "Physical demands of different positions in FA Premier League soccer". *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 63-70, 2007.

Bradley, P.; Sheldon, W.; Wooster, B.; Olsen, PD.; Boanas, P.; and Krstrup, P.: "High-intensity running in English FA Premier League soccer matches". *J Sports Sci* 27: 159-168, 2009.

Bradley, P.; Di Mascio, M.; Peart, Dan; Olsen, Peter; Sheldon, Bill: "High-Intensity Activity Profiles of Elite Soccer Players at Different Performance Levels". *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Volume 24 - Issue 9 - p 2343-2351, 2010.

Bradley, P.; Carling, C.; Archer, D.; Roberts, J.; Dodds, A.; Di Mascio, M.; Paul, D.; Diaz, AG.; Peart, D.; Krstrup, P.: "The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches". *J Sports Sci*. 29(8):821-30, 2011.

Bradley, P.; Lago-Peñas, C.; Rey, E.; Gomez Diaz, A.: “The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches”. *Journal of Sports Sciences*, 31, 1261–1270, 2013.

Bradley, P.; Noakes, TD.: “Match running performance fluctuations in elite soccer: indicative of fatigue, pacing or situational influences? *J Sports Sci.* 31(15):1627-38, 2013.

Bradley, P.; Dellal, A.; Mohr, M.; Castellano, J.; Wilkie, A.: “Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League”. *Hum Mov Sci.* 33:159-71, 2014.

Buchheit, M.; Al Haddad, H.; Simpson BM.; Palazzi D, Bourdon PC, Di Salvo V, Mendez-Villanueva A.: “Monitoring Accelerations With GPS in Football: Time to Slow Down?”. *Int J Sports Physiol Perform.* 9(3):442-5, 2014.

Buchheit, M.; Lacome, 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.* 2018 May 1;13(5):577-583.

Buchheit, M.; Simpson, B.; Hader K.; Lacome, M.: “Occurrences of near-to-maximal speed running bouts in elite soccer: insights for training prescription and injury mitigation”. Maximal sprinting occurrence in elite soccer, 2020.

Burgess, DJ.; Naughton, G.; Norton, KI.: “Profile of movement demands of national football players in Australia”. *Journal of Science and Medicine in Sport* 9, 334—341, 2006.

Carling, C.; Bloomfield, J.: “The effect of an early dismissal on player work-rate in a professional soccer match”. *J Sci Med Sport.*13(1):126-8, 2010.

Carling, C.; Dupont, G.; Le Gall, F.: “The effect of a cold environment on physical activity profiles in elite soccer match-play”. *Int J Sports Med.* 32(7):542-5, 2011.

Carling, C.; Bradley, P.; McCall, A.; Dupont, G.: “Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team”. *Journal of Sports Sciences*, 34:24, 2215-2223, 2016.

Carling, C.; Lugier, J.: “Effects of Ramadan Fasting on Running Activity Profiles in Elite Soccer Players during an Official 90-Minute Match”. *J Sports Sci Med.* 18(2):387-389, 2019.

Casamichana, D.; Castellano, J.: “Demandas físicas en jugadores semiprofesionales de fútbol: ¿se entrena igual que se compete?”. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad del País Vasco (UPV-EHU) CCD 17 , AÑO 7 , VOLUMEN 6 , PÁG. 121 A 127, 2011.

Casamichana, D.; San Román-Quintana, J.; Castellano, J.; Calleja-González, J.: “Demandas físicas y fisiológicas en jugadores absolutos no profesionales durante partidos de fútbol 7: un estudio de caso”. Dpto. de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad del País Vasco (UPV- EHU). CCD 20 , AÑO 8 , VOLUMEN 7 , PÁG. 115 A 123, 2012.

Casamichana, D.; Castellano, J.; Castagna, C.: "Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players". *J Strength Cond Res* 26(3): 837–843, 2012.

Casamichana, D.; Castellano, J.; Calleja-Gonzalez, J.; San Román, J.; Castagna C.: "Relationship between indicators of training load in soccer players". *J Strength Cond Res.* 27(2):369-74, 2013.

Casamichana, D. y Castellano, J.: "Variables contextuales y distancia recorrida en la copa mundial Sudáfrica'10". *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte* - vol. 14 - número 56, 2014.

Castellano, J.; Casamichana, D.; Julio Calleja-González, J.; San Román, J. and Ostojic, S.: "Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise". *Journal of Sports Science and Medicine* 10, 233-234, 2011.

Castellano, J.; Casamichana, D.: "El arte de planificar en el fútbol". Editorial FDL, 2016.

Catapult-Sports. Sprint Help - Inertial Movement Analysis (IMA): For Sprint 5.8 and subsequent releases, 2013.

Catapult-Sports. Sprint Help: For Sprint 5.1 and subsequent releases, 2013. Catapult-Sports. Sprint Help: Basketball. For Sprint 5.0 and subsequent releases, 2013.

Colby, MJ.; Dawson, B.; Heasman, J.; Rogalski, B.; Gabbett, T.J.: "Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers". *J Strength Cond Res.* 28(8):2244-52, 2014.

Coutts, A.J.; Duffield, R.: "Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport.* 13(1):133-5, 2008.

Coutts, A.J.; Quinn, J.; Hocking, J.; Castagna, C.; Rampinini, E.: "Match running performance in elite Australian Rules Football". *J Sci Med Sport.* 13(5):543-8, 2009.

Coutts, A.J.; Duffield, R.: "Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport.* 13(1):133-5, 2010.

Cummins, C.; Orr, R.; O' Connor, H.; West, C.: "Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review". *Sports Med.* 43(10):1025-42, 2013.

Di Prampero, P.E.; Fusi, S.; Sepulcri, L.; Morin, J.B.; Belli, A.; Antonutto, G.: "Sprint running: a new energetic approach". *J Exp Biol.* 208(Pt 14):2809-16, 2005.

Di Salvo, V.; Pigozzi, F.; González-Haro, C.; Laughlin, M. S.; & De Witt, J. K.: "Match performance comparison in top English soccer leagues". *International Journal of Sports Medicine,* 34, 526–532, 2013.

- Di Salvo, V.; Gregson, W.; Atkinson, G.; Tordoff, P.; Drust, B.: "Analysis of high intensity activity in Premier League soccer". *Int J Sports Med* 30: 205–212, 2009.
- Duhig, S.; Shield, AJ.; Opar, D.; Gabbett, TJ.; Ferguson, C.; Williams, M.: "Effect of high-speed running on hamstring strain injury risk". *Br J Sports Med*, 50(24):1536-1540, 2016.
- Dwyer, D.; Gabbett, T.: "Global positioning system data analysis: velocity ranges and a new definition of sprinting for field sport athletes". *J Strength Cond Res*. 26(3):818-24, 2012.
- Ehrmann FE, Duncan CS, Sindhusake D, Franzsen WN, Greene DA. "GPS and Injury Prevention in Professional Soccer". *J Strength Cond Res*. 30(2):360-7, 2016.
- Farrow, D.; Pyne, D.; Gabbett, T.: "Skill and physiological demands of open and closed training drills in Australian football". *Int. J. Sports Sci. Coach*. 3, 489–499, 2008.
- Fox, J.; Stanton, R.; Scanlan, A.: "A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players". *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2018.
- Gabbett, TJ.: "The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?". *Br J Sports Med*. 50(5):273-80, 2016.
- Higham, D.; Pyne, D.; Anson, J.; Eddy, A.: "Movement patterns in rugby sevens: effects of tournament level, fatigue and substitute players". *J. Sci. Med. Sport* 15, 277–282, 2012.
- Hodgson, C.; Akenhead, R.; Thomas, K.: "Time-motion analysis of acceleration demands of 4v4 small-sided soccer games played on different pitch sizes". *Hum. Mov. Sci*. 33, 25–32, 2012.
- Jackson, BM.; Polglaze, T.; Dawson, B.; King, T.; Peeling, P.: "Comparing Global Positioning System (GPS) and Global Navigation Satellite System (GNSS) Measures of Team Sport Movements". *Int J Sports Physiol Perform*. 21:1-22, 2018.
- Hader, K.; Mendez-Villanueva, A.; Palazzi, D.; Ahmaidi, S.; Buchheit, M.: "Metabolic Power Requirement of Change of Direction Speed in Young Soccer Players: Not All Is What It Seems". *PLoS One*. 11(3):e0149839, 2016.
- Hunter, F.; Bray, J.; Towlson, C.; Smith, M.; Barrett, S.; Madden, J.; Abt, G.; Lovell, R.; Jackson BM.; Polglaze T.; Dawson, B.; King, T.; Peeling P.: "Individualisation of time-motion analysis: a method comparison and case report series". *Int J Sports Med*. 36(1):41-8, 2015.
- Johnston, RJ.; Watsford, ML.; Kelly, SJ.; Pine, MJ.; Spurrs, RW.: "Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands". *J Strength Cond Res*. 28(6):1649-55, 2014.
- Lambrecht, C.A.: "Análisis descriptivo de la carga externa del plantel de Weber Bahia Basket". Tesis de graduación. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Sociales. Licenciatura en Alto Rendimiento Deportivo, 2017.

- Link, D.; De Lorenzo, MF.: "Seasonal Pacing - Match Importance Affects Activity in Professional Soccer. PLoS One. 9;11(6):e0157127, 2016.
- Lythe, J.; Kilding, AE.: "Physical Demands and Physiological Responses during elite field hockey". Int J Sports Med 32: 523 – 528, 2011.
- Macutkiewicz, D.; Sunderland, C.: "The use of GPS to evaluate activity profiles of elite women hockey players during match-play". Journal of Sports Sciences, 29:9, 967-973, 2011.
- 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. 12(Suppl 2):S218-S226, 2017.
- Malone, S.; Mendes, B.; Hughes, B.; Roe, M.; Devenney, S.; Collins, K.; Owen, A.: "Decrements in Neuromuscular Performance and Increases in Creatine Kinase Impact Training Outputs in Elite Soccer Players". J Strength Cond Res. 2018 May;32(5):1342-1351.
- Massard, T.; Eggers, T.; Lovell, R.: "Peak speed determination in football: Is sprint testing necessary?". School of Science and Health, Western Sydney University, Penrith, Australia, 2017.
- McGuinness, A.; Malone, S.; Petrakos, G.; Collins, K.: "The Physical and Physiological Demands of Elite International Female Field Hockey Players During Competitive Match-Play". Journal of Strength and Conditioning Research, 2017.
- McGuinness, A.; Malone, S.; Hughes, B.; Collins, K.: "The Physical Activity and Physiological Profiles of Elite International Female Field Hockey Players Across the Quarters of Competitive Match-play". Journal of Strength and Conditioning Research, 2018.
- McMahon, G.; Kennedy, R.: "Changes in Player Activity Profiles following the 2015 FIH Rule Changes in Elite Women's Hockey". Journal of Strength and Conditioning Research, 2017.
- Mc Sharry, P.: "Effect of altitude on physiological performance: a statistical analysis using results of international football games". BMJ 335:1278, 2007.
- Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J., & Racinais, S.: "Physiological responses and physical performance during football in the heat". PLoS One, 7, 6, 2012.
- Mohr M, Krstrup P, Andersson H, Kirkendal D, Bangsbo J.: "Match activities of elite women soccer players at different performance levels". J Strength Cond Res. 22(2):341-9, 2008.
- Montgomery, P.; Pyne, D.; Minahan, C.: "The Physical and Physiological Demands of Basketball Training and Competition". International Journal of Sports Physiology and Performance, 5, 75-86, 2010.

Montgomery, P.; Maloney, B.: "3x3 Basketball: Inertial Movement and Physiological Demands During Elite Games". *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Human Kinetics, 2018.

Nikolaidis, PT.; Clemente, FM.; Van der Linden, CM.; Rosemann, T.; Knechtle, B.: "Validity and Reliability of 10-Hz Global Positioning System to Assess In-line Movement and Change of Direction". *Front Physiol*. 15;9:228, 2018.

O'Donoghue, P., Boyd, M., Lawlor, J., y Bleakley, E.: "Time-motion analysis of elite, semi-professional and amateur soccer competition". *Journal of Human Movement Studies*, 41(1), 2001.

Rampinini, E.; Coutts, AJ.; Castagna, C.; Sassi, R. e Impellizzeri, FM. "Variation in top level soccer match performance". *Int J Sports Med* 28: 1018-1024, 2007.

Rampinini, E.; Impellizzeri, FM.; Castagna, C.; Coutts, AJ.; Wisloff, U.: "Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J SciMedSport*. 12(1):227–33, 2009.

Rampinini, E.; Alberti, G.; Fiorenza, M.; Riggio, M.; Sassi, R.; Borges, TO.; Coutts AJ.: "Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *Int J Sports Med*. 36(1):49-53, 2015.

Reilly, T.: "Science and Soccer". Routledge, 2003.

Reina Gómez, A.; Hernández Mendo, A.: "Revisión de indicadores de rendimiento en fútbol". *Rev.Ib.CC. Act. Fis. Dep.*; 1 (1):1-14, 2012.

Reksten Holme, B.: "Wearable microsensor technology to measure physical activity demands in handball. A reliability study of Inertial movement analysis and Player Load". Master thesis in Sport Sciences. Department of Physical Performance, Norwegian School of Sport Sciences, 2015.

Rienzi, E.; Drust, B.; Reilly, T.; Carter, J.E.; Martin, A.: "Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players". *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40, 162-169, 2000.

Robertson S, Bartlett JD, Gastin PB. Red, Amber, or Green? Athlete Monitoring in Team Sport: The Need for Decision-Support Systems. *Int J Sports Physiol Perform*. 12(Suppl 2):S273-S279, 2017.

Roe, G. y cols.: "Validity of 10 HZ GPS and Timing Gates for Assessing Maximum Velocity in Professional Rugby Union Players". *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Human Kinetics, 2016.

Russell, M.; Sparkes, W.; Northeast, J.; Cook, CJ.; Love, TD.; Bracken, RM.; Kilduff, LP.: "Changes in Acceleration and Deceleration Capacity Throughout Professional Soccer Match-Play". *J Strength Cond Res*. 2016 Oct;30(10):2839-44.

Scanlan, A.; Dascombe, B.; Reaburn, P.: "A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition". *Journal of Sports*

Sciences, 29:11, 1153-1160, 2011.

Schelling, X.; Torres, L.: Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of Sports Science and Medicine* 15, 585-591, 2016.

Scott, MT.; Scott, TJ.; Kelly, VG.: "The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review". *J Strength Cond Res.* 30(5):1470-90, 2016.

Scott, D.; Lovell, R.: "Individualisation of speed thresholds does not enhance the dose-response determination in football training". *J Sports Sci.* 2018 Jul;36(13):1523-1532.

Sonderegger, K.; Tschopp, M.; Taube, W.: "The Challenge of Evaluating the Intensity of Short Actions in Soccer: A New Methodological Approach Using Percentage Acceleration". *PLoS ONE* 11(11): e0166534, 2016.

Suarez-Arrones L, Torreño N, Requena B, Sáez De Villarreal E, Casamichana D, Barbero-Alvarez JC, Munguía-Izquierdo D.: "Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load". *J Sports Med Phys Fitness.* 2015 Dec;55(12):1417-22.

Sunderland, CD.; Edwards, PL.: "Activity profile and between match variation in elite male field hockey". *J Strength Cond Res* 31(3): 758–764, 2017.

Sweeting, AJ.;Cormack, SJ.; Morgan, S.; Aughey, RJ.: "When Is a Sprint a Sprint? A Review of the Analysis of Team-Sport Athlete Activity Profile". *Front Physiol.* 20;8:432, 2017.

Tierney, PJ.; Young, A.; Clarke, ND.; Duncan, MJ.: "Match play demands of 11 versus 11 professional football using Global Positioning System tracking: Variations across common playing formations". *Hum Mov Sci.* 49:1-8, 2016.

Trewin, J.; Meylan, C.; Varley, MC.; Cronin, J.; Ling, D.: "Effect of match factors on the running performance of elite female soccer players". *J Strength Cond Res* 32(7): 2002–2009, 2018.

Trewin, J.; Meylan, C.; Varley, MC.; Cronin, J.: "The match-to-match variation of match-running in elite female soccer". *J Sci Med Sport.* 21(2):196-201, 2017.

Varley, MC.; Gabbett, T.; Aughey, RJ.: "Acceleration profiles in elite Australian Soccer". *Int. J. Sports Med.* 34, 34–39, 2013.

Vescovi, J.; Frayne, D.: "Motion Characteristics of Division I College Field Hockey: Female Athletes in Motion (FAiM) Study". *International Journal of Sports Physiology and Performance,* 10, 476 -481, 2015.

Viejo Romero, D.: "Influencia de las variables contextuales sobre las variables físicas de futbolistas en competición evaluadas mediante tecnología GPS". *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte,* ISSN 1579-5225, Vol. 14, Nº. 1, 2015.

Weaving, D.; Whitehead, S.; Till, K.; Jones, B.: "Validity of Real-Time Data Generated by a Wearable Microtechnology Device". *J Strength Cond Res.* 31(10):2876-2879, 2017.

Wilkerson, GB.; Gupta, A.; Allen, JR.; Keith, CM.; Colston, MA.: "Utilization of Practice Session Average Inertial Load to Quantify College Football Injury Risk". J Strength Cond Res. 30(9):2369-74, 2016.

Wisbey, B.; Montgomery, PG.; Pyne, DB.; Rattray, B.: "Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking". J. Sci. Med. Sport 13, 531–536, 2010.

Zubillaga, A.: "La actividad del jugador de fútbol en alta competición: análisis de variabilidad". Tesis Doctoral. Universidad de Málaga; 2006. J

Anexos

ANEXO 1

Athlete movement demands	GPSports-unit 1 (mean ± SD)	GPSports-unit 2 (mean ± SD)	ICC	%TEM
TD (m)	1,301.8 ± 26.1	1,306.1 ± 17.6	-0.20	1.9
Peak speed (km·h ⁻¹)	24.09 ± 1.51	23.54 ± 2.06	-0.14	8.1
Distance covered (m)				
LSR	810.3 ± 108.3	812.6 ± 101.1	0.98	2.0
HSR	323.3 ± 84	293.7 ± 79.8	0.94	7.6
VHSR	168.6 ± 50.5	199.8 ± 42	0.81	12.1
Time spent (s)				
LSR	564.0 ± 57	567.1 ± 59.9	0.99	1.0
HSR	64.1 ± 14.1	59.2 ± 13.8	0.94	6.3
VHSR	26.1 ± 7.5	30.7 ± 5.7	0.85	9.9
Number of efforts performed (n)				
HSR	38.8 ± 8.5	39 ± 5.7	-0.77	9.9
VHSR	15.8 ± 5.0	17.7 ± 7.5	0.77	19.9

*ICC = intraclass correlation; %TEM = percentage typical error of measurement; TD = total distance covered; LSR = low-speed running; HSR = high-speed running; VHSR = very high-speed running.

Athlete movement demands	MinimaxX-unit 1 (mean ± SD)	MinimaxX-unit 2 (mean ± SD)	ICC	%TEM
TD (m)	1,331.9 ± 23.9	1,330 ± 23.0	0.51	1.3
Peak speed (km·h ⁻¹)	22.98 ± 2.08	22.99 ± 2.14	0.97	1.6
Distance covered (m)				
LSR	762.4 ± 67.4	770.4 ± 62.9	0.97	1.7
HSR	388.6 ± 48.8	386 ± 44.3	0.88	4.8
VHSR	175.1 ± 59.8	169.5 ± 46.6	0.89	11.5
Time spent (s)				
LSR	529.3 ± 38.0	534.0 ± 38.4	0.99	0.8
HSR	82.1 ± 9.7	81.6 ± 8.3	0.86	4.6
VHSR	28.1 ± 9.5	27.1 ± 7.4	0.89	11.7
Number of efforts performed (n)				
HSR	22.9 ± 1.7	23.5 ± 1.0	0.8	2.0
VHSR	8.1 ± 2.6	7.9 ± 2.3	0.84	13.7

*ICC = intraclass correlation; %TEM = percentage typical error of measurement; TD = total distance covered; LSR = low-speed running; HSR = high-speed running; VHSR = very high-speed running.

Tabla 3. Confiabilidad interunidad de las unidades de GPS de 10 y 15 Hz (2 de las marcas más importantes a nivel comercial) (Johnston y cols., 2014).

	Total distance	Low speed (0–3 m·s ⁻¹)	Moderate speed (3–5 m·s ⁻¹)	High speed (5–7 m·s ⁻¹)	Very high speed (>7 m·s ⁻¹)	PlayerLoad (AU)
Descriptive data (mean ± SD)						
Real-time	3,266.7 ± 303.7 m	2,325.1 ± 268.6 m	693.6 ± 110.1 m	200.4 ± 99.5 m	29.6 ± 37.5 m	304.7 ± 34.2 AU
Postsession	3,294.7 ± 358.2 m	2,351.0 ± 339.4 m	686.3 ± 110.2 m	188.1 ± 94.6 m	24.3 ± 31.0 m	308.9 ± 34.0 AU
Validity analysis						
Standardized mean bias	-0.08 (-0.14 to -0.01), trivial	-0.08 (-0.14 to -0.01), trivial	0.07 (0.05 to 0.09), trivial	0.13 (0.11 to 0.16), trivial	0.17 (0.08 to 0.26), trivial	-0.12 (-0.22 to -0.02), trivial
Standardized TEE	0.22 (0.18 to 0.27), small	0.17 (0.14 to 0.21), small	0.08 (0.07 to 0.10), trivial	0.08 (0.07 to 0.10), trivial	0.24 (0.20 to 0.29), small	0.38 (0.32 to 0.46), moderate
Correlation	0.98 (0.96 to 0.99), nearly perfect	0.99 (0.98 to 0.99), nearly perfect	1.00 (0.99 to 1.00), perfect	1.00 (0.99 to 1.00), perfect	0.97 (0.95 to 0.98), nearly perfect	0.93 (0.88 to 0.96), nearly perfect

*MEMS = micro-electrical-mechanical-system; AU = arbitrary unit.

Tabla 4. Comparación de datos de GPS y MEMS en tiempo real y post sesión (Weaving y cols., 2017).

ANEXO 2

Asistente Entrenador

	TIEMPO PROYECTADO	DIST (M)	MTS/M	PLAYER LOAD	V MAX (KM/H)	N° > 85% VEL MAX
10 VS 10 CON 4 ARCOS	00:05:00	593.13	118.63	63.48	29.41	0.00
SALIDAS	00:03:20	267.85	80.35	29.33	31.07	4.00
10 VS 10 PRESION SIN AR...	00:05:00	434.39	86.88	39.91	29.90	3.00
SALIDAS	00:03:20	298.01	89.40	31.09	27.48	1.00
10 VS 10 PRESION SIN AR...	00:05:00	397.65	79.53	40.00	30.85	0.00
SALIDAS	00:03:20	247.45	74.23	24.66	29.40	0.00
AJEDREZ	00:05:00	246.80	49.95	35.81	15.88	0.00
SALIDAS	00:03:20	270.43	81.13	27.77	29.78	0.00
AJEDREZ	00:05:00	232.20	46.44	32.62	14.26	0.00
SALIDAS	00:03:20	250.70	75.21	25.28	27.69	0.00

Tabla 7. Training wizard, herramienta para poder inferir diferentes variables para una actividad determinada en función del tiempo que pretendo realizar.

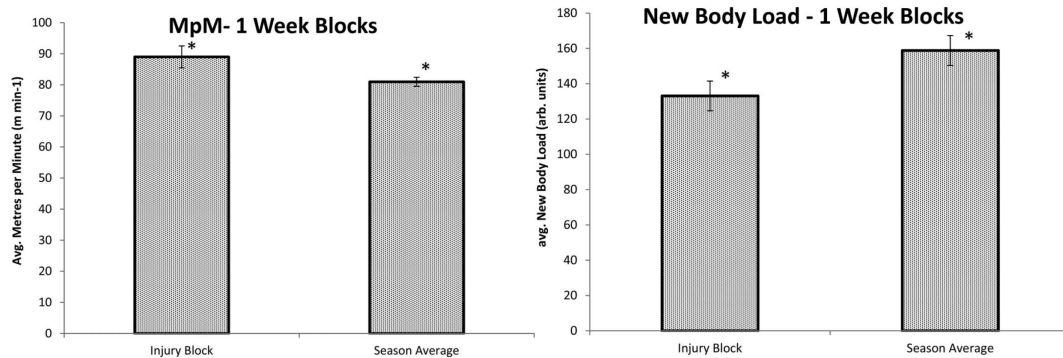


Figura 20. Diferencia significativa entre mts/min (izq.) y new body load (UA, der.) antes de una lesión y el promedio de temporada (Ehrmann y cols., 2016).

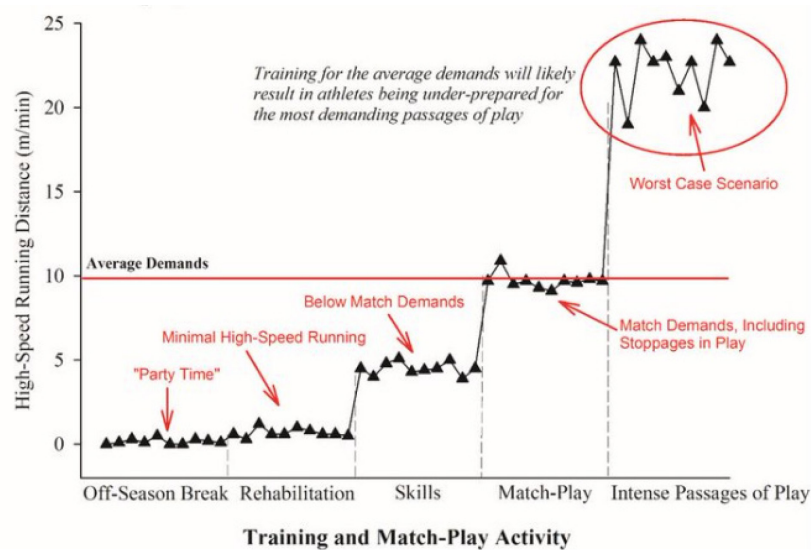


Figura 26. Demandas de DAI de diferentes actividades de entrenamientos y partidos para un jugador de rugby de elite (Gabbett y cols., 2016).

	Early stage rehabilitation	Return to train	Return to play Average match demands	Return to peak performance
Physical demands	Basic running drills	Skills training	Peak 5 min period	
Total distance (m/min)	70	87	95	122
High-speed running (m/min)	0.6	4.5	6.7	22.7
Collisions (number/min)	—	0.4	1.0	3.8

Tabla 11. Demandas de DT rel y DAI rel durante etapas tempranas de rehabilitación, RTT, RTP y retorno al pico de performance de acuerdo al peor escenario en periodo de 5' del juego. (Blanch y Gabbett, 2015)

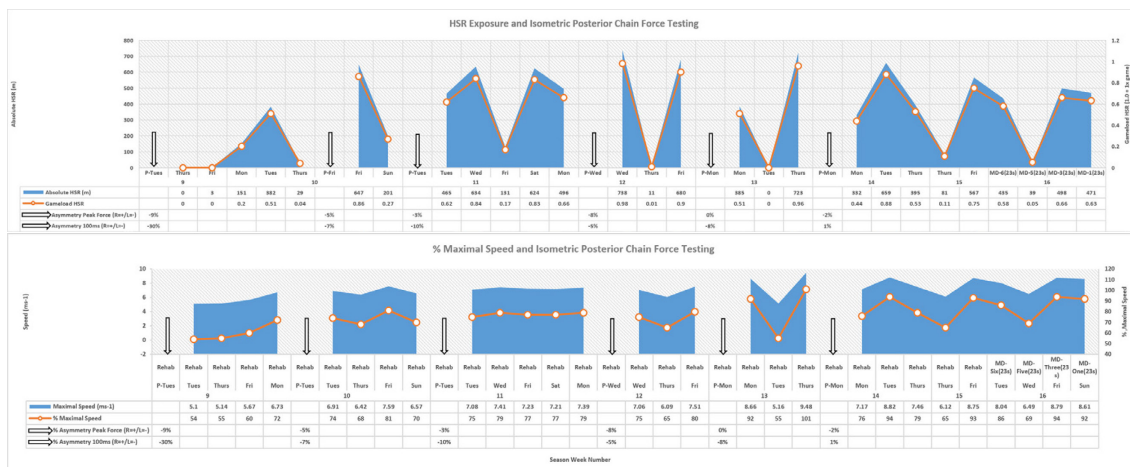


Figura 28. Progresión de la DAI absoluta y expresada como % de partido (arriba) y de la V max y % de la V max (abajo) durante una rehabilitación de lesión del tendón de isquiotibiales (Taberner y Cohen, 2018)