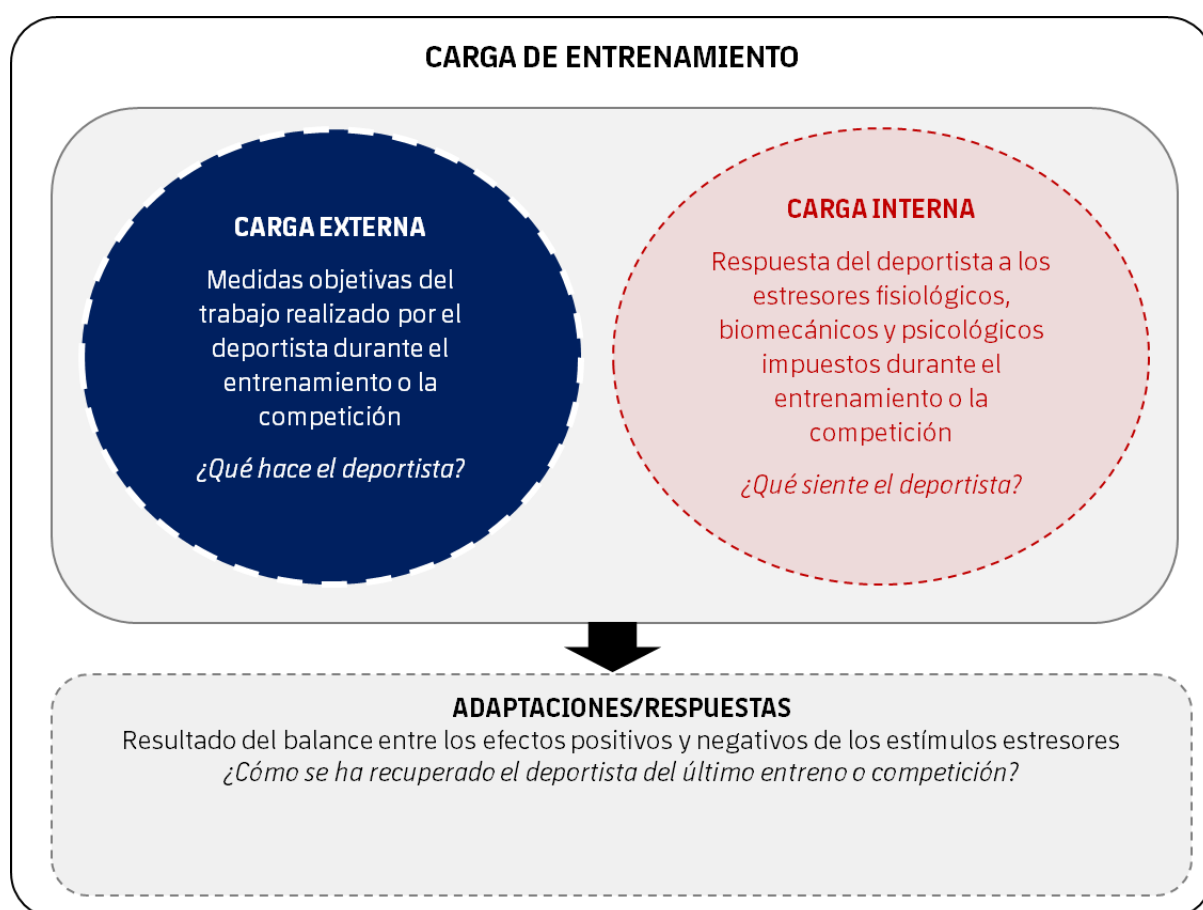


Módulo 3. La carga externa

Conceptualización

“La carga externa son las medidas objetivas del trabajo realizado por el deportista durante el entrenamiento o la competición” (González, 2020, p. 3). La medición del movimiento del deportista es la que provocará todos los sucesos internos y sus consecuentes respuestas y adaptaciones. Sin ser exactamente así, pero dentro del proceso de monitorización, sería el primer paso, tal y como se ha mencionado en el módulo de contextualización científica.

Figura 1



Fuente: elaboración propia.

Hoy en día, gracias a la tecnología, la medición objetiva de la carga de entrenamiento es más accesible, válida y fiable. Todo y esto, aún sigue teniendo un coste económico elevado para la mayoría de los clubes deportivos, lo que limita su acceso e incluso los lleva a buscar vías alternativas, que se pueden complementar para una mayor riqueza en el análisis. La medición objetiva nos va a dar la **cantidad** y la medición subjetiva nos dará

la **calidad** de la monitorización. No confundir calidad con mejor, como veremos posteriormente, será una aproximación a la realidad de la competición.

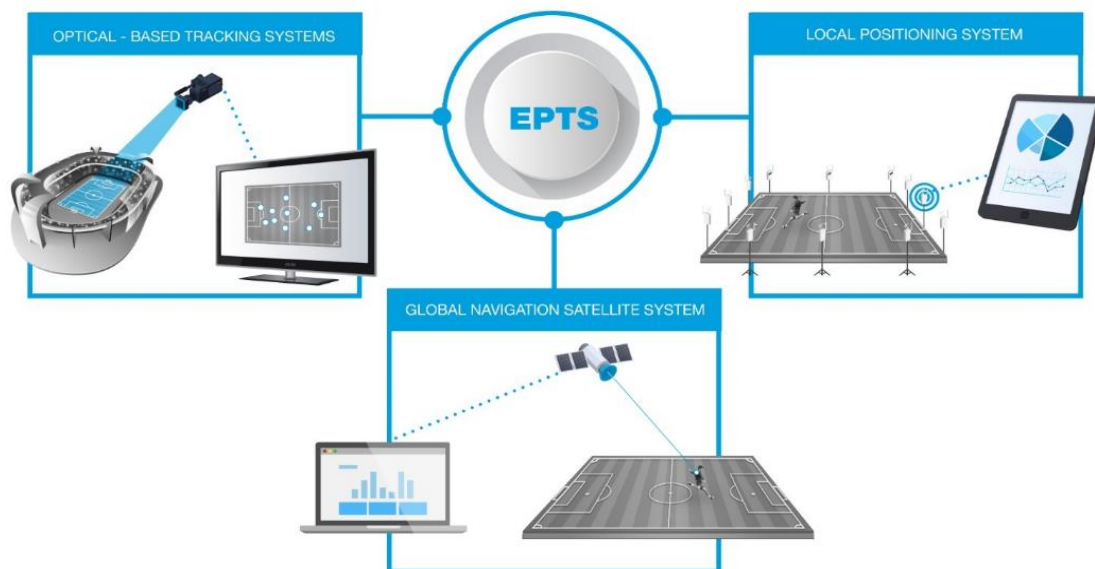
Vamos a proponer distintas maneras de monitorizar la carga externa, para abordar esta cantidad y esta calidad de la carga de entrenamiento.

Monitorización objetiva de la carga externa

La monitorización objetiva se puede realizar mediante dos sistemas:

- *Electromechanical Performance Tracking System* (EPTS), en el lenguaje popular, también mal llamado GPS. Estos se subdividen en los que usan la geolocalización para obtener el posicionamiento y los que usan el posicionamiento local mediante el sistema *Ultra Wide Band* (UWB).
- *Tracking* óptico, se obtiene el posicionamiento del jugador mediante cámaras especiales que permiten hacer un *tracking* del jugador.

Figura 2



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se exponen las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas.

Figura 3: *Tracking* óptico



Fuente: elaboración propia.

Este tipo de *tracking* solo registra los datos relacionados con el movimiento en el plano XY. Difícilmente, un club deportivo apostará por su instalación, debido al alto coste y su limitación al campo donde se instala. Normalmente, es utilizado por las grandes ligas para *traquear* los partidos oficiales. El principal aspecto diferencial es que se obtienen datos del balón, aspecto determinante para entender las demandas condicionales contextualizadas en relación con la realidad del juego. Al no llevar ningún dispositivo el jugador, no se pueden obtener datos de los sensores inerciales, hecho que hace que el plano vertical (saltos y aterrizajes) y las principales variables con alto impacto biomecánico no se puedan registrar.

Ventajas del *tracking* óptico:

- La adaptabilidad a cualquier situación. Gracias a las imágenes obtenidas por las cámaras, se obtiene la posición de cualquier marca y se almacena junto al tiempo en que se ha tomado la muestra, de manera que resulta sencillo hacer reconstrucciones con esos datos.
- Es un sistema no invasivo, ya que no es necesario que el deportista deba colocarse ningún dispositivo.
- Permite la monitorización del rendimiento en espacios cerrados, como pabellones o estadios, con estructuras que quedarían limitados con la tecnología GNSS.
- Permite la monitorización del balón. (Reche Soto, 2020, p. 29).
- Su frecuencia de muestreo es mayor que la de otros dispositivos EPTS.

En cambio, los inconvenientes que presenta esta tecnología son:

- El número de cámaras que es necesario instalar para que no existan puntos muertos y evitar así que haya algunas localizaciones que estén ausentes de seguimiento.
- Solo proporcionan variables de posicionamiento y derivadas del desplazamiento espacial, por lo que no es posible analizar otros parámetros de carga, como impactos y saltos que se obtienen a partir de sensores inerciales.
- No pueden obtenerse datos más allá de lo que ocurre fuera del área de instalación del sistema.
- El tiempo de instalación del sistema de cámaras es largo y tiene un coste económicamente alto. (Reche Soto, 2020, p. 29).

Figura 4: Sistema de posicionamiento local



Fuente: elaboración propia.

El sistema de posicionamiento local es el más preciso de todos en cuanto a la señal de posicionamiento se refiere. Sin entrar en detalles técnicos, el hecho de tener instaladas las antenas alrededor del campo, simulando los satélites que orbitan la tierra, elimina mucha parte del ruido de la transmisión de señales. Es un sistema que cada vez va cogiendo más popularidad, si bien es cierto que es dependiente del campo donde se instala, la instalación es sencilla y se puede trasladar de campo, si lo requiriese. Con este sistema, al contar con un dispositivo físico que viste el jugador, ya se dispone de los sensores inerciales para los cálculos de las variables del plano vertical y variables de alto impacto biomecánico.

Las principales ventajas que ofrecen los sistemas LPS son los siguientes:

- Permiten la monitorización del rendimiento en instalaciones *indoor* (pabellones) o en estadios con cobertura limitada para la tecnología GNSS.
- Al igual que en la tecnología GNSS, proporcionan numerosas variables para el análisis del rendimiento, ya que podemos unir variables de posicionamiento (distancias, velocidades y aceleraciones), variables obtenidas de los sensores inerciales (saltos e impactos, por ejemplo) y variables extraídas de otros sensores con frecuencia cardíaca. (Reche Soto, 2020, p. 24).

Por el contrario, nos encontramos con las desventajas:

- Se requiere una instalación fija de un sistema de antenas alrededor del campo para poder obtener datos con precisión.
- Se trata de una tecnología algo invasiva para el jugador, ya que es necesario colocarle un dispositivo para poder obtener los datos.
- Permite la monitorización del balón. (Reche Soto, 2020, p. 24).
- El coste económico de la instalación del sistema LPS es relativamente alto.

Figura 5: Sistema de posicionamiento global



Fuente: elaboración propia.

El sistema más popular de todos, donde el jugador viste un dispositivo que, mediante el sensor de GPS, permite determinar su posición. Es el sistema más usado en los deportes al aire libre, como el fútbol. Se consigue la misma información que los LPS, con el pequeño inconveniente de que la calidad y precisión del posicionamiento es inferior.

Sus principales ventajas respecto a otros sistemas son:

- Su uso es rápido y sencillo, ya que solo es necesario colocar un dispositivo en el deportista y empezar la toma de datos.

- No es necesaria ninguna instalación adicional, como pueden ser cámaras o antenas.
- Dada su sencillez, una sola persona es suficiente para ser responsable de que todos los dispositivos estén funcionando correctamente.
- Proporciona numerosas variables para el análisis del rendimiento, uniendo variables de posicionamiento y de otro tipo de sensores, como los inerciales o los de frecuencia cardíaca.

En cambio, la tecnología de GNSS también presenta los siguientes inconvenientes:

- [Los sistemas GNSS] no funcionan en instalaciones cerradas, con lo que solo podremos monitorizar a los jugadores en espacios abiertos.
- La calidad de la señal puede verse afectada por el clima o por cubiertas que puede haber en los estadios. En estos casos, al no tener buena señal, puede ser que la precisión y la fiabilidad de los datos no sea la mejor.
- Se trata de una tecnología algo invasiva para el jugador, ya que es necesario colocarle un dispositivo para poder obtener los datos. Esta tecnología es cada vez menos invasiva, debido a la reducción de tamaño y peso de los dispositivos.
- [Actualmente] solo permite la monitorización del deportista, no del balón. (Reche Soto, 2020, p. 20).

Figura 6: Componentes de los EPTS



Fuente: elaboración propia en base a <https://wimu.es/es/>

Microprocesador: es un circuito central integrado que permite al dispositivo llevar a cabo todas las operaciones lógicas y aritméticas, desde el sistema operativo del dispositivo hasta el *software* de aplicación.

- **Memoria interna:** el dispositivo dispone de una memoria interna que permite almacenar toda la información recopilada durante la toma de datos.
- **Receptor de GNSS/LPS:** es el componente que permite recibir la señal de los satélites de GNSS o de los sistemas de posicionamiento local (en el caso que el dispositivo disponga de esta opción).
- **Sistemas inerciales:** un sistema inercial o también llamado IMU (del inglés, *inertial measurement unit*) es un sistema electrónico, generalmente compuesto por acelerómetros, giroscopios y magnetómetros (uno por cada eje de movimiento), con el objetivo de obtener medidas de velocidad, rotación y fuerzas gravitacionales. Normalmente, también se le añade un sensor de presión (barómetro), aunque no se considere un sensor inercial.
- **Sistemas de conexión:** otra de las características de las que disponen algunos de los EPTS es su capacidad de conexión con otro tipo de sensores, como son los monitores de frecuencia cardíaca, los dispositivos de medición de saturación de oxígeno o de electromiografía. Las tecnologías de conexión que funcionan al día de hoy son: wifi, ANT+, Bluetooth y ZigBee. Además, también disponen de micro USB, que permite conectar el dispositivo al PC para la descarga de información o la carga de la batería.
- **Batería:** permite que el dispositivo funcione sin necesidad de estar conectado a ninguna toma de corriente eléctrica. Es importante saber la duración exacta de la batería del dispositivo para evitar que se apague durante la sesión de entrenamiento o competición. Normalmente, las baterías suelen durar entre 4 y 5 horas.

Variables principales en el fútbol

Para una mejor comprensión de las medidas objetivas de la carga externa, se debe sacar provecho a toda la información que nos pueden ofrecer los EPTS. Las empresas, mediante algoritmos, transforman las señales que registran los sensores en información comprensible para el usuario. Esta información se traduce en una serie de variables, algunas de estas explican mejor el volumen de trabajo y otras la intensidad del trabajo.



Tabla 1

Variables orientadas al volumen		
Distancia	Distancia total recorrida	Metros (m)
<i>Player load</i>	Cantidad de movimiento registrado por el acelerómetro	Unidades arbitrarias (u. a.)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2

Variables orientadas a la intensidad		
<i>High Speed Running</i>	Distancia total recorrida por encima de un umbral, normalmente, comprendido entre 15 y 24 km/h, dependiendo de la empresa.	Metros (m)
Aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad	Número o distancia de aceleraciones o desaceleraciones por encima de un umbral, normalmente, comprendido entre 2 y 3 m/s ² .	Metros (m) o contador (c)
Salto	Número de saltos con un impulso superior a 3 g de fuerza.	Contador (c)
Aterrizajes	Número de aterrizajes de saltos con un impacto superior a 5 g de fuerza.	Contador (c)
Impactos	Número de impactos en el plano horizontal con fuerza superior a 8 g.	Contador (c)

Fuente: elaboración propia.

Existen muchas más variables. Dependiendo de la literatura científica leída, les darán más importancia a unas u otras.

La elección de estas variables son las siguientes:

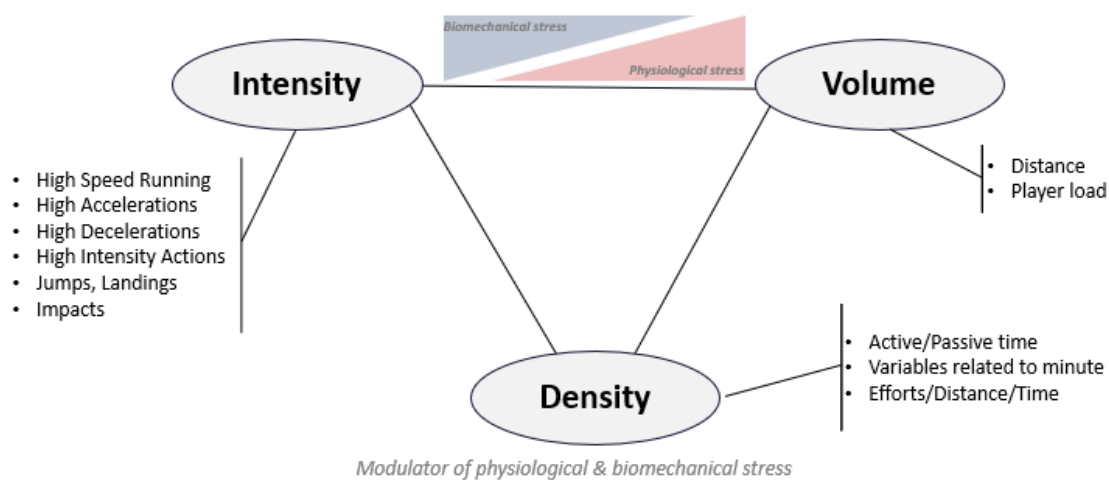
- La distancia es la variable más conocida y de fácil comprensión para todos los usuarios y deportistas.
- El *player load* es una variable de volumen sensible a la intensidad y que también recoge el plano vertical, hecho que no sucede con la distancia.



- El HSR es la variable de intensidad más estudiada en el fútbol, por relación con el rendimiento condicional y la incidencia lesional. Dentro de las variables de intensidad, podría ser la de menor intensidad.
- Las aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad reflejan la **muy** alta intensidad. Pueden ser, junto al HSR, las más relacionadas con el dolor muscular en los procesos de adaptación en el fútbol.
- Los saltos y aterrizajes son variables de alta intensidad en el plano vertical.
- Los impactos de alta intensidad reflejan los choques y caídas de los jugadores a altos niveles de fuerza.

En la figura que se encuentra a continuación, se reflejan también las variables de densidad, estas son las moduladoras del impacto fisiológico y biomecánico que provocan las variables de volumen e intensidad. Principalmente, se analiza el número de acciones o metros por minuto. También, el número de esfuerzos, distancia y tiempo de duración de este.

Figura 7



Fuente: elaboración propia.

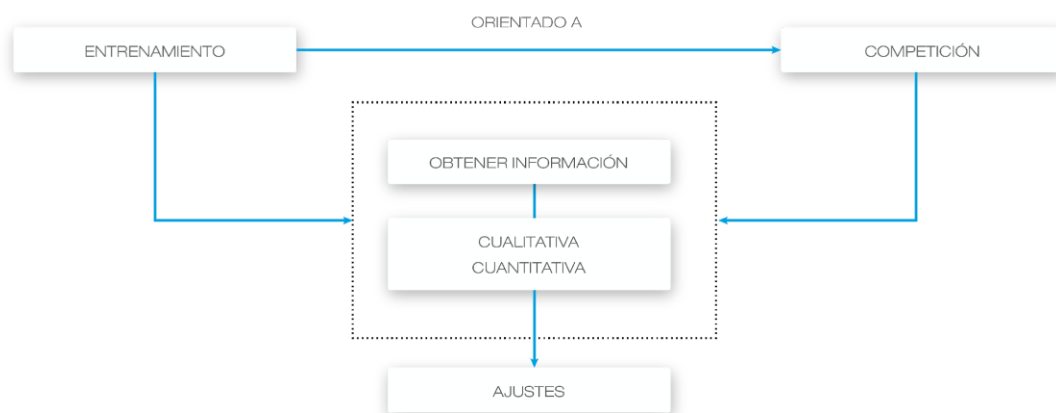
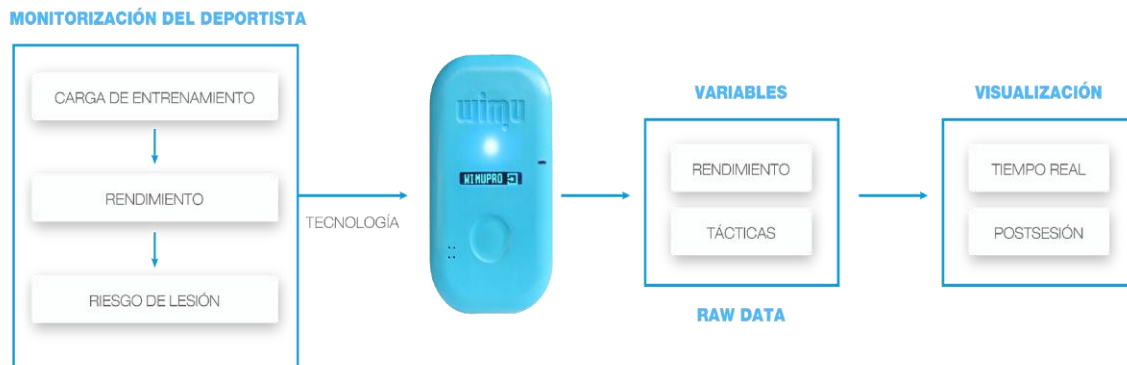
Análisis de las medidas objetivas de la carga externa

Los principales objetivos de poder monitorizar de manera objetiva la carga externa son tres:

- Entender qué está sucediendo durante los entrenamientos y competiciones.

- Optimizar el rendimiento condicional mediante la modulación de cargas de trabajo.
- Reducir la probabilidad de lesión.

Figuras 8 y 9



Fuente: elaboración propia.

Estos objetivos se pueden llevar a cabo mediante los siguientes propósitos generales — que se pueden superponer— (Torres-Ronda et al., 2022):

- Describir
 - o Es el primer paso de cualquier tipo de análisis que se vaya a realizar, lo primero es saber qué es lo que tenemos, qué demandas implica el deporte del fútbol. Cada equipo y cada jugador tendrá unas demandas individuales.



En la literatura científica, se puede encontrar información sobre las demandas en el fútbol, pero la experiencia nos ha enseñado que no se debe extrapolar lo que dice el artículo científico con la realidad de tu equipo y jugadores, ya que ambos dominios pueden ser muy distintos.

- Planificar

- Una vez conocidas las demandas, siguiendo los principios de los procesos de adaptación, se planifican los microciclos tipo en función los días de entrenamiento y momento de la temporada. Hay varias propuestas de cómo debe ser esta planificación y, probablemente, todas sean válidas, siempre que se adapten al contexto del equipo y los jugadores. Las sesiones -3 y -4 suelen ser sesiones de carga de entrenamiento elevada; y las sesiones -1 y -2, sesiones de carga baja de entrenamiento (Martín-García et al., 2018). El nivel de carga óptimo para que el jugador llegue fresco a la competición lo marcará la propia monitorización del ciclo de entrenamiento. En una fase inicial de la planificación, se deberán seguir los principios básicos de la teoría del entrenamiento para conocer los *timings* de recuperación, en función de las demandas fisiológicas y biomecánicas. Una vez que se tenga un volumen de datos suficiente y se puedan hacer análisis más individualizados, se podrán modular las cargas de entrenamiento durante la semana, con base en la experiencia de los procesos de adaptación de los jugadores.

Un aspecto que puede ayudar a que tanto el preparador físico como los técnicos se centren en la parte importante de los entrenamientos y competiciones es tener semanas tipo ya definidas para pensar solo en los contenidos que se deben trabajar y no pensar tanto en cómo construir una tarea o no pasarnos en el contenido condicional o técnico/táctico.

- Monitorizar

- Una vez que se haya creado el plan, la monitorización es la que guiará el camino, la que ayudará a tomar decisiones. En el módulo de contextualización científica, el de carga interna y este hacen un resumen de cómo llevar a cabo todo el proceso de monitorización.



Figura 10

1 COMPETICIÓN POR SEMANA			2 COMPETICIONES POR SEMANA		
CICLO LARGO	CICLO MEDIO	CICLO CORTO	CICLO LARGO	CICLO MEDIO	CICLO CORTO
MATCH DAY					
MD +1	MATCH DAY				
MD +2	MD +1	MATCH DAY			
MD -5	MD +2 / MD -5	MD +1 / MD -5	MATCH DAY		
MD -4	MD -4	MD +2 / MD -4	MD +1 / MD -4	MATCH DAY	
MD -3	MD -3	MD -3	MD +2 / MD -3	MD +1 / MD -3	MATCH DAY
MD -2	MD -2	MD -2	MD -2	MD +2 / MD -2	MD +1 / MD -2
MD -1	MD -1	MD -1	MD -1	MD -1	MD -1
MATCH DAY	MATCH DAY	MATCH DAY	MATCH DAY	MATCH DAY	MATCH DAY

Fuente: elaboración propia.

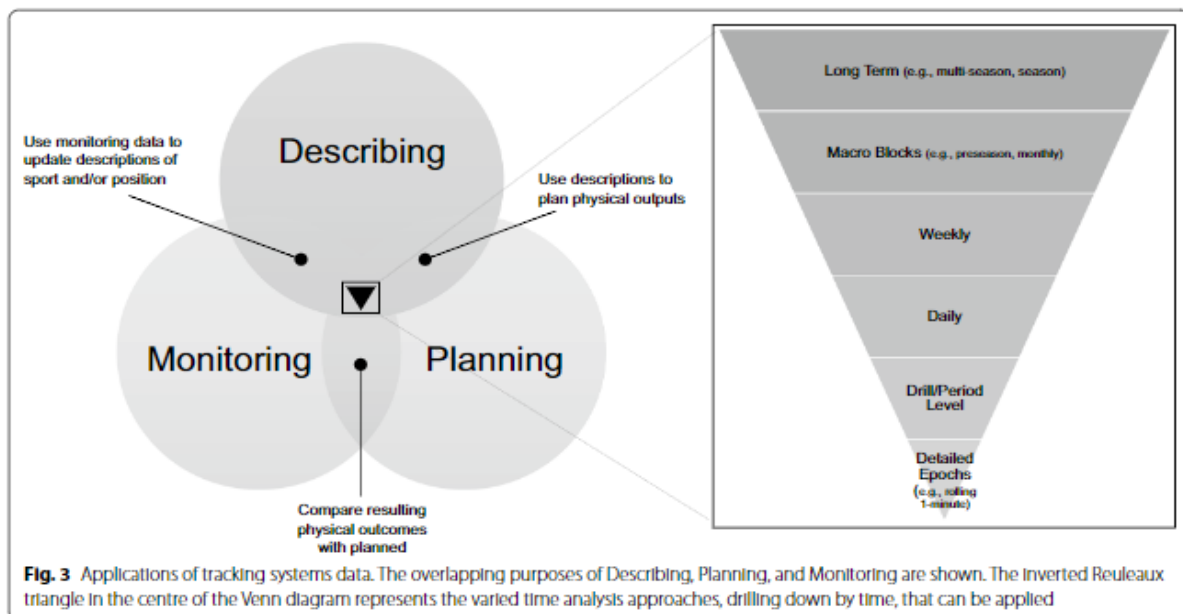
- Un aspecto importante de la monitorización que no se ha mencionado anteriormente es el análisis temporal de esta monitorización, para saber a qué variables apuntar y qué valoraciones vamos a realizar en cada momento.
 - Largo plazo. Tendremos una visión de la temporada o de varias temporadas. Se podrá ver el impacto a largo plazo de lo que se esté realizando en el día a día.
 - Medio plazo. Durante la temporada, hay periodos en los que deberemos volver a hacer un análisis o unas valoraciones que no se pueden llevar a cabo en el día a día, pero a la vez, son importantes para guiarnos en el camino. Pueden ser pruebas de esfuerzo, análisis bioquímicos, etc.
 - Semanal. La base sobre la que se trabajará durante la temporada, partido a partido. Los resultados competitivos y el estado condicional de los jugadores marcarán las tomas de decisiones a corto plazo.
 - Diaria. Conocer el impacto que tiene el entrenamiento día a día para ver qué jugadores están siguiendo el plan o con cuáles se deberían



hacer algunas modificaciones de cargas para intentar que lleguen al momento deseado en óptimas condiciones.

- Tareas de entrenamiento. Conocer las demandas de las tareas es de vital importancia para poder hacer las propuestas óptimas en función del día de entrenamiento y los objetivos buscados.
- Escenarios temporales durante el entrenamiento, normalmente de 1 minuto (Martín-García et al., 2018). El fútbol, un deporte intermitente, no siempre tiene las mismas demandas durante el transcurso de toda la tarea o competición. Es importante conocer los escenarios de alta o máxima exigencia del partido para poder proponer tareas que se puedan asemejar, siempre que el objetivo condicional de la tarea sea ese.

Figura 11



Fuente: Torres-Ronda, Beanland, Whitehead, Sweeting y Clubb, 2022, p. 5.

La ratio de trabajo agudo / crónico

Un concepto que se ha hecho popular a lo largo de los últimos años es la ratio de trabajo agudo crónico. Esta ratio, simplemente, es un cálculo matemático entre la carga de trabajo realizada la última semana y el promedio de las últimas 4 semanas. Hay dos maneras de calcularlo: acoplado o desacoplado. Simplemente, difiere en si la semana de aguda se incluye o no en el cálculo del periodo crónico (Windt y Gabbett, 2018).



Figura 12

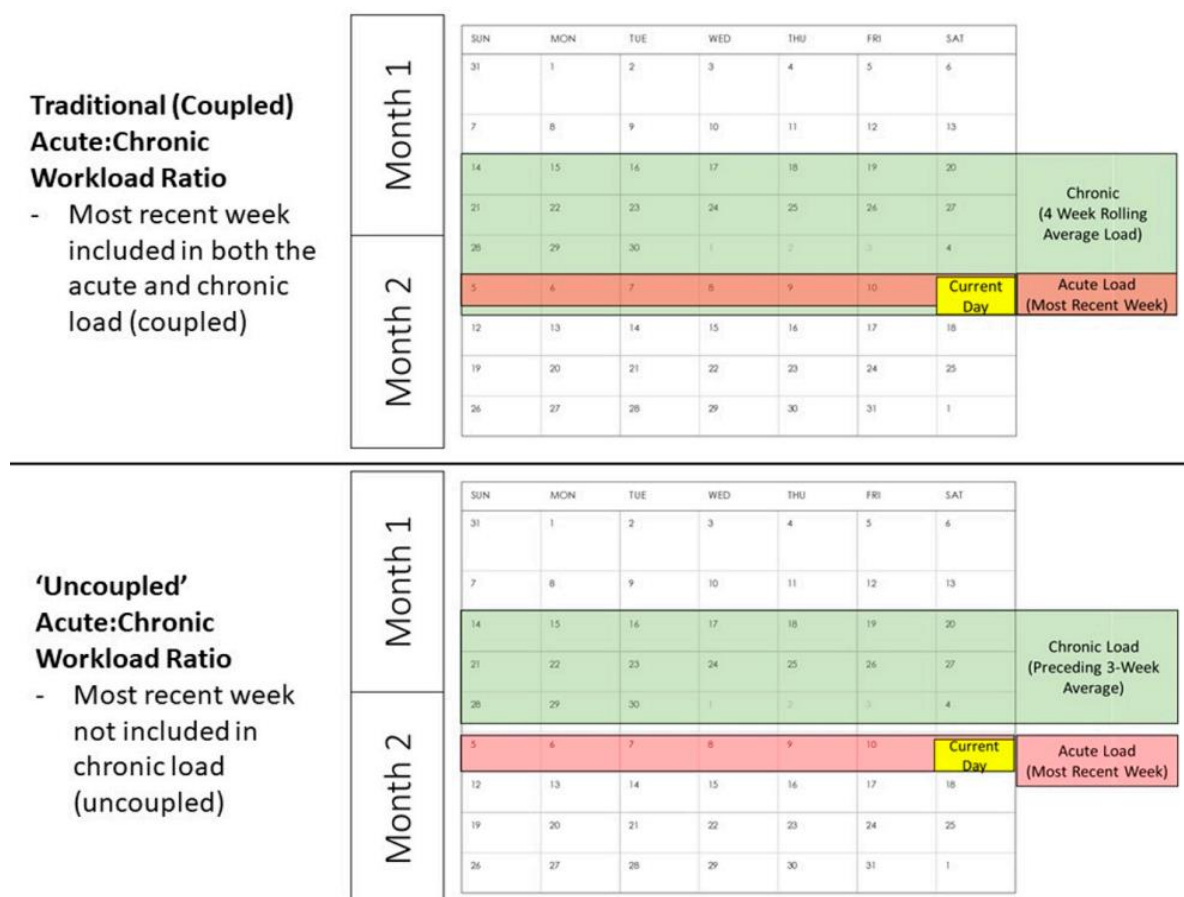
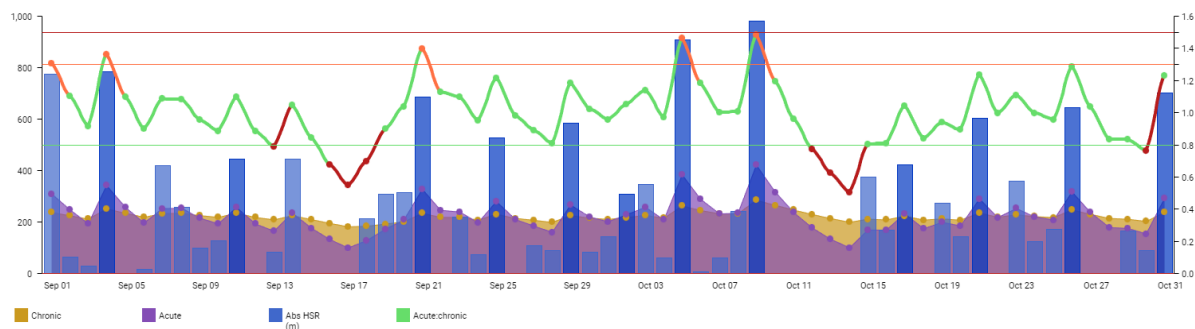


Figura 13



Fuente: elaboración propia.

Dentro de los procesos de adaptación y como se ha visto en el módulo de contextualización científica, el análisis de la ratio agudo crónico, junto con la combinación del análisis de la carga interna y respuestas y adaptaciones del entrenamiento permitirá optimizar el proceso de toma de decisiones para mejorar el rendimiento del jugador y del equipo.

Monitorización subjetiva de la carga externa

Con la monitorización objetiva, tenemos la información de manera precisa y sabemos la cantidad de trabajo que se ha realizado, pero no sabemos la calidad de este.

Para ello, en esta sección, se propone la monitorización de manera subjetiva, atendiendo a la especificidad del fútbol, concepto que se ha trabajado en los módulos del entrenamiento estructurado.

Con base en la fórmula básica de carga de entrenamiento (Solé, 2008):

$$\text{Carga externa} = \text{Volumen} * \text{Intensidad}$$

$$\text{Carga externa} = \text{Tiempo} * \text{Especificidad}$$

Definiremos el volumen como el tiempo total y la intensidad como la especificidad, es decir, la aproximación a la realidad competitiva (Schelling y Torres-Ronda, 2016). A continuación, se propone una tabla, a modo de ejemplo, con 10 niveles de aproximación. Lo ideal es que se adapte esta tabla al contexto real para su mejor comprensión, no solo por parte del preparador físico, sino también del *staff* técnico.

En función del nivel de detalle, se podrán establecer niveles de aproximación por tarea o por sesión. Si se realiza por tarea, para el cómputo de la carga, se deberá sumar la carga de cada tarea. Si se realiza por sesión, se establece un nivel de aproximación estimado de la sesión en función de la predominancia de las tareas.



Tabla 3

Orientation	Approximation level	Brief definition
Competitive	X	Official game
	IX	Friendly game
	VIII	Simulation game
	VII	Complex decision-making tasks. Collective tactics. More players participating
	VI	Complex decision-making tasks. Collective tactics
Special	V	Complex decision-making tasks. Real opposition. Emphasis on tactical concepts
	IV	Complex decision-making tasks. Level of opposition increased
Guided	III	Tasks without opposition or very passive. Simple decision-making. More players participating
	II	Tasks without opposition or very passive. Simple decision-making
General	I	Movements patterns similar with sport. Non decision-making or very simple
	0+	Non dynamic similarities with sport. Movement patterns more specific than 0-. No decision-making.
Generic	0-	Non dynamic similarities with sport. No decision-making.

Fuente: elaboración propia.

Una vez que ya hemos calculado la carga externa, para conocer la carga de entrenamiento, simplemente, se deberá multiplicar por la carga interna que, si no se dispone de sensor de frecuencia cardíaca, será el RPE.

$$Carga = Carga\ externa * Carga\ interna$$

$$Carga = Volumen * Intensidad * RPE$$

La propuesta ideal es combinar la medición objetiva con la subjetiva, las variables de carga externa vendrían dadas por los dispositivos de *tracking*, la carga interna por el RPE o la frecuencia cardíaca y habría que tener un factor corrector para la especificidad. Esto es importante en deportes colectivos como el fútbol, donde, como se ha visto en la explicación del entrenamiento estructurado, el ser humano está compuesto por una serie de estructuras, las cuales, para conseguir un óptimo rendimiento, se deberían intentar tener en cuenta y analizar.



Referencias

- González, L.** (2020). El uso de la carga interna y carga externa para el control de la carga de entrenamiento en el fútbol. *Revista de preparación física en el fútbol*. <https://futbolpf.org/wp-content/uploads/2021/04/4A-EL-USO-DE-LA-CARGA-INTERNA-Y-CARGA-EXTERNA-PARA-EL-CONTROL-DE-LA-CARGA-DE-ENTRENAMIENTO-EN-EL-FU%CC%81TBOL.pdf>
- Martín-García, A., Casamichana, D., Gómez Díaz, A., Cos, F. y Gabbett, T. J.** (2018). Positional Differences in the Most Demanding Passages of Play in Football Competition. *Journal of Sports Science and Medicine* (17)4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30479524/>
- Reche Soto, J.** (2020). Fútbol y tecnología. Análisis del rendimiento en entrenamiento y competición en fútbol semiprofesional. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291040>
- Schelling, X. y Torres-Ronda, L.** (2016). *An Integrative Approach to Strength and Neuromuscular Power Training for Basketball*. *Strength and Conditioning Journal* 38(3). https://www.researchgate.net/publication/303464975_An_Integrative_Approach_to_Strength_and_Neuromuscular_Power_Training_for_Basketball
- Solé, J.** (2008). *Planificación del entrenamiento deportivo*. Sicropat sport.
- Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A. y Clubb, J.** (2022). Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis. *Sports Medicine - Open* (8). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00408-z>
- Windt, J. y Gabbett, T. J.** (2018). Is it all for naught? What does mathematical coupling mean for acute chronic workload ratios? *British Journal of Sports Medicine* (53)16, 988–990. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098925>

