

1. Caracterización del Videoanálisis

Deportes como el fútbol, el baloncesto, el balonmano, el fútbol sala o el hockey sobre patines se caracterizan por desarrollarse en un entorno en el que dos equipos compiten por la posesión de una pelota en un área de juego limitada, por un período de tiempo determinado. En ellos cada equipo tiene objetivos simultáneos de puntuación a través de la introducción de la pelota en la portería o canasta del oponente y la defensa de su meta de los ataques de los oponentes. El equipo que haya marcado el mayor número de goles (o puntos) al final del tiempo asignado es el ganador.

Los equipos que pretendan mejorar su rendimiento deportivo, necesariamente, deberán analizar lo que sucede en partidos y entrenamientos desde una perspectiva sistémica (Franks y Goodman, 1986). Aquí, la utilización de datos se hace indispensable, pero, estos datos, a su vez, deben ser contextualizados y valorados cualitativamente en función del desarrollo de las características que emergen del propio juego.

Para esto, la utilización del video resulta de gran ayuda. El videoanálisis se ha convertido en una herramienta habitual de los cuerpos técnicos de los equipos deportivos. Existen multitud de *softwares* y soluciones que facilitan este trabajo, pero, en esencia, el formato audiovisual permite valorar el rendimiento de los equipos y cómo intentan llegar a cumplir sus objetivos.

A priori, el videoanálisis aporta información táctica muy rica, ya que permite ver cómo interactúan todos los jugadores del partido, los propios y los rivales, en función de la pelota, en un espacio físico durante un periodo de tiempo. Pero el videoanálisis no solo tiene un componente táctico (aunque esto sea lo primordial), también aporta mucho valor a la hora de analizar la capacidad condicional de los deportistas y de los equipos, así como permite a los equipos médicos conocer cómo se lesionan los deportistas y cómo se desarrollan en la competición y en los entrenamientos, lo cual puede ser de gran utilidad a la hora de prevenir lesiones.

En el pasado, estos trabajos de videoanálisis habían recaído en técnicos audiovisuales con poca vocación deportiva. Los entrenadores delegaban esta función a operadores de cámara o técnicos especializados, en el caso de los clubes más profesionales, o en aficionados en la materia en el caso de equipos más *amateurs*. Progresivamente, esta práctica se ha instaurado con fuerza en el currículo de todos los técnicos deportivos, por lo que ha pasado a ser una materia de conocimiento indispensable para cualquier entrenador, preparador físico, fisioterapeuta, etcétera. Pero no solo eso, sino que evolucionó hasta convertirse en una especialidad del técnico deportivo. La figura del video-analista es habitual en los equipos profesionales, como la del entrenador, el preparador físico o el médico. Generalmente, esta actividad la asumen los entrenadores, quienes se forman y especializan en esta materia que tanto valor aporta a sus equipos de alto rendimiento.

En el futuro, estos profesionales deberán integrar el análisis de datos para ser técnicos deportivos con gran conocimiento específico de su deporte. La formación audiovisual y

conocimiento de *software* de videoanálisis deportivo, junto con cierta competencia en matemática y estadística, creará un perfil profesional mucho más preparado para el periodo actual en el que el volumen de datos inunda a los equipos del alto rendimiento.

1.1 Ventajas y desventajas del videoanálisis

1.1.1 Practicidad de uso

El videoanálisis aporta gran valor táctico al estudio y a la toma de decisiones en el deporte. Aun así, tiene carencias en comparación con otros sistemas de análisis y, dependiendo del objetivo que se persiga, tendrá ventajas o desventajas con respecto a otros sistemas para medir el rendimiento deportivo (Barris y Button, 2008).

La industria, al conocer estas características, se encuentra en búsqueda de desarrollar productos híbridos que permitan, por una parte, ingresar datos en los *softwares* de análisis de video y, por otra, ingresar archivos de video en *softwares* más orientados al análisis del rendimiento condicional de los deportistas.

La principal ventaja del videoanálisis es el material con el que se trabaja, que es un reflejo de lo que audiovisualmente perciben los humanos cuando ven un entrenamiento o partido; con la particularidad de que, según la posición de las cámaras que registran esta actividad, la observación adquiere una mayor riqueza, ya que, generalmente, estas cámaras están situadas en una posición elevada y permiten una visión más cenital de lo que sucede, lo que facilita el análisis y la comprensión de todo lo que se desarrolla en el espacio de juego (ver figura 1).

Figura 1: Videoanálisis I



Fuente: [Captura sobre Videoanálisis I]. (2019). Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=iTR2C4BK02Y>

Para deportistas que tienen objetivos de análisis más reduccionistas e individuales hay equipos que se focalizan en el individuo para analizar su rendimiento, obtienen un gran volumen de datos que, a menudo, están descontextualizados del juego y apuntan a conocer las prestaciones físicas o técnicas de los deportistas, además de valorar su carga interna. La obtención de estos datos se hace a través de pequeños dispositivos portátiles que los jugadores llevan en su ropa deportiva o en su cuerpo durante la actividad que desarrollan y que permiten ser monitorizados durante la práctica deportiva.

La automatización está en todos los ámbitos de la vida y, por supuesto, el deporte no es la excepción. Cada vez aparecen más sistemas de captación de imágenes que aportan un archivo audiovisual y, además, son capaces de seguir las instrucciones que se le indican de manera automatizada (por ejemplo, seguir un balón o un jugador, ofrecer planos más abiertos en los que aparezcan todos los jugadores que están en la pista o el terreno de juego). Estos sistemas, además, *geolocalizan* a los jugadores y al balón en el espacio, con lo que aportan datos muy similares a los que brindan otros sistemas de seguimiento (figura 2) o análisis de rendimiento deportivo (Baca, Dabnichki, Heller y Kornfeind, 2009). Esto se denomina, técnicamente, como *computer vision* o visión computarizada.

Figura 2: Uso de tecnología GPS



Fuente: [Imagen sin título sobre Uso de tecnología GPS]. 2016. Adaptado de <https://www.laprensa.hn/deportes/944345-410/messi-desata-tremendo-esc%C3%A1ndalo-en-egipto-por-un-par-de-tacos>.

El videoanálisis da información táctica, no solo del equipo propio, sino también del oponente. Sus principales ventajas son:

- Permite realizar una categorización de acciones de manera subjetiva, que se convierten en una fuente estadística subjetiva, con lo que se suman dos valores, un valor cuantitativo enriquecido por un conocimiento subjetivo que le otorga un componente cualitativo nada despreciable y otro cualitativo. En la literatura también podemos encontrarlo como **análisis notacional** (Hughes y Franks, 2004)

que permite recoger manualmente diferentes eventos que previamente han sido etiquetados a través de un sistema de categorías (Castellano, Perea, Alday y Mendo, 2008).

- El videoanálisis puede realizarse en tiempo real y tanto el trabajo como el resultado pueden trasladarse en vivo a diferentes espacios y dispositivos, lo cual lo convierte en una herramienta muy flexible.
- Los sistemas de videoanálisis más avanzados permiten trabajar con los datos de *geolocalización* de todos los jugadores que participan del juego, además del balón. El análisis de los datos de posición (XY) de los jugadores, e incluyendo el eje vertical (Z) en el caso del balón, permiten estudios de gran valor, a través de complejas técnicas como la minería de datos o el aprendizaje automático (*machine learning*), mediante las cuales se pueden obtener patrones de comportamiento de todos los actores en juego. Actualmente la obtención de estos datos no es en tiempo real, sino que requiere de un tratamiento posterior a la realización del partido.
- Cuando se trata de analizar al equipo oponente, se pueden utilizar fuentes externas de video, partidos ofrecidos por las plataformas televisivas o descargas de partidos de bases de datos audiovisuales. Esto permite analizar sin necesidad de desplazarse, con el evidente ahorro económico y de tiempo.

Por contrapartida:

- El videoanálisis ni ningún otro sistema de seguimiento o traqueo ofrece la posibilidad de obtener datos de la carga interna de cada jugador propio ni del rival.
- Los sistemas de videoanálisis más avanzados dan valores de la carga externa, la mayoría con gran calidad, excepto aquellos que hacen referencia a altas velocidades. La obtención de estos datos siempre es un proceso que requiere un tratamiento posterior y la industria suministra estos datos con un retraso de entre 12 y 48 horas, de acuerdo con la empresa y el producto elegido.
- Si lo que se requiere es un análisis global de todos los jugadores que participan en todo momento, se hace necesaria la intervención de una persona en la captura u optar por una estrategia de producción automatizada. Cualquiera de estas dos opciones tiene costos económicos o de recursos humanos. Las imágenes ofrecidas por las productoras de televisión están destinadas al espectador y trabajan la mayor parte del tiempo con planos cortos y medios; además, utilizan las repeticiones, imágenes de la grada, del banquillo, del palco, para enriquecer la experiencia del espectador, pero empobrecen la del técnico deportivo que requiere monitorizar, en todo momento, al mayor número posible de jugadores.

Hoy en día no existe una solución completa que aglutine todas las necesidades de todos los cuerpos técnicos de cualquier equipo. Se hace difícil pensar que esto vaya a ocurrir ya que cada profesional tiene unos objetivos y unas necesidades particulares y, en función de esas características, la industria crea productos para intentar ayudar a los profesionales para que tomen decisiones de manera más eficiente.

Según Mounir Zok, tecnólogo del USOC (*United States Olympic Committee*), las nuevas tecnologías solo son herramientas al servicio de atletas y entrenadores que las utilizan

para tomar decisiones informadas. Los jugadores y entrenadores del futuro serán personas más conscientes e informadas.

Cada vez más, y esto va a crecer exponencialmente, se va a disponer de más y más datos sobre el rendimiento de los equipos y de los jugadores, quizá más del que seamos capaces de digerir. Se hace necesario, entonces, que todo ese volumen de datos se contextualice en función de dónde se han producido y bajo qué situación (ver figura 3). Para ello, el videoanálisis es una técnica que aporta mucho valor.

Figura 3: Fotograma de una producción destinada a análisis deportivo



Fuente: Coub, 2015. <http://coub.com/view/bilee>.

1.1.2 Tiempos de trabajo

Las personas que realizan funciones de videoanalistas tienen diferentes tiempos y rutinas de trabajo, en función del evento que cubren, de los objetivos inmediatos, de las necesidades de los cuerpos técnicos, del momento de la temporada y de la entrega del trabajo que les sea requerido.

En los equipos más profesionales, las tareas de grabación de video suelen estar delegadas a operadores de cámara (con formación deportiva o no) o a sistemas automatizados de producción audiovisual. En equipos sin tantos recursos económicos, la tarea de grabación de video recae sobre el mismo videoanalista. Esta última versión es la más habitual en la mayoría de equipos, incluso, en los profesionales.

Para entender mejor las rutinas de trabajo de los videoanalistas, vamos a hacer tres distinciones: entrenamientos, partidos de competición y análisis de rivales.

Entrenamientos

Generalmente, los cuerpos técnicos, cuando planifican una semana, pactan con el videoanalista los entrenamientos que quieren grabar (todos los entrenamientos, solo algunos, parte de algunos, etc.). En la mayoría de los casos, se graban todos los entrenamientos grupales que realiza el equipo (figura 4).

Antes de cada entrenamiento, se consensua entre el videoanalista y los técnicos en qué parte del terreno de juego se va a desarrollar el entrenamiento. En función de las necesidades y objetivos de la grabación, se busca la mejor ubicación para la instalación de la cámara.

Figura 4: Videoanálisis II

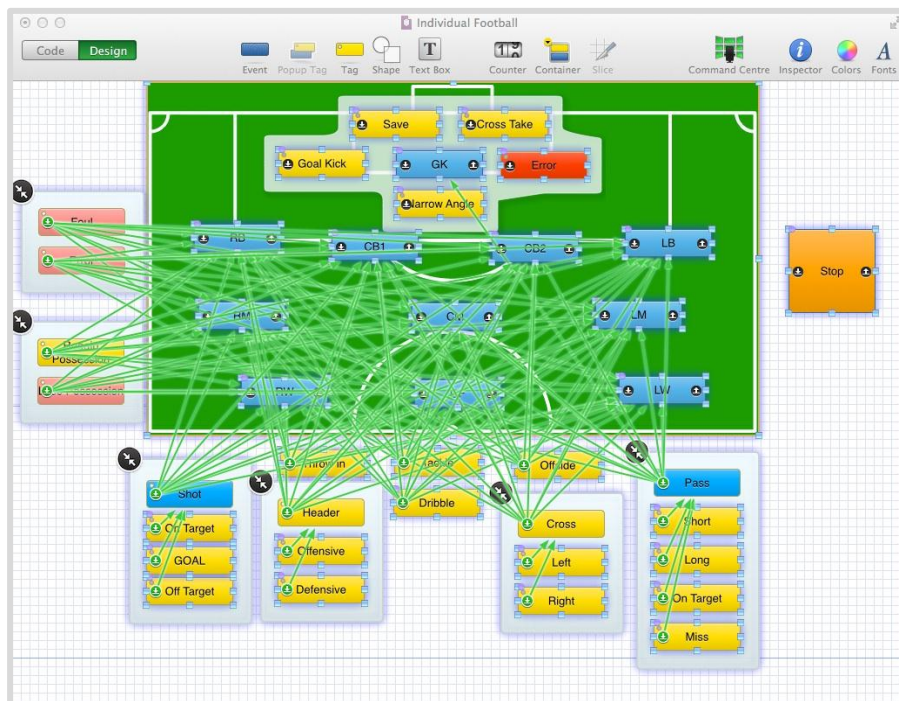


Fuente: [Imagen sin título sobre videoanálisis], s.f., <https://www.flickr.com/photos/eventosuc3m/7465528938/in/album-72157629298838075/>

Durante el entrenamiento, el videoanalista puede realizar dos funciones: grabación y etiquetado de las imágenes. La grabación puede ser en un plano fijo o siguiendo a un jugador, a un grupo de jugadores o al juego.

El etiquetado de las imágenes se hace a través de un *software* específico que ingesta la señal de video de la videocámara en un ordenador y el videoanalista etiqueta las acciones que se producen, a través de una botonera o instrumento de observación (Anguera y Hernández, 2013) que puede ser operada a través del ratón, con atajos de teclado o de manera táctil (ver figura 5).

Figura 5: Videoanálisis III



Fuente: Elaboración propia a base del software Wyscout, 2016.

Existen más formas de etiquetar una producción videográfica (ver figura 6), por ejemplo, utilizar un *software* específico que puede ser operado a través de un *smartphone* o una *tablet* y posteriormente, cuando el *software* de edición de video deportivo ingeste el video, también ingestará las etiquetas a través de un fichero, generalmente, xml.

Figura 6: Videoanálisis IV



Fuente: [Imagen sin título iCODA 2], s.f., <https://itunes.apple.com/us/app/icoda-2/id548504789?platform=iphone>

Una vez que finaliza el entrenamiento, empieza el trabajo más intenso del videoanalista, ya que los entrenadores quieren ver algunas fases del mismo. Si se ha realizado un etiquetado de las imágenes durante el entrenamiento, esto facilita la labor del entrenador, ya que puede ir de manera muy rápida a consultar lo que quiera (por

ejemplo, todas las acciones de un jugador, todas las pérdidas de balón de cualquier jugador, etc.).

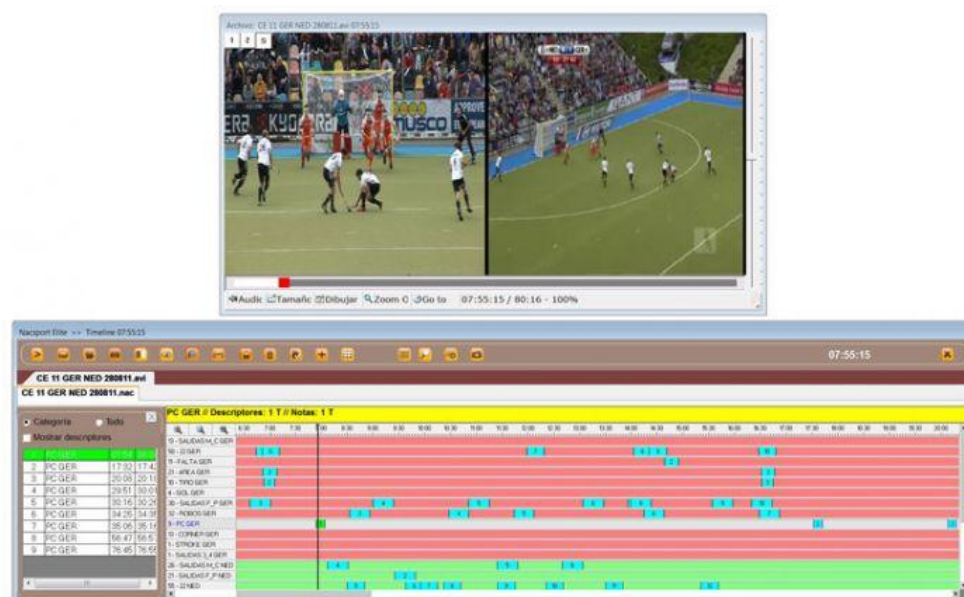
Si el videoanalista no ha realizado un etiquetado de las imágenes durante el entrenamiento, deberá realizarlo posteriormente. En estos casos, los entrenadores esperan a que el registro finalice o piden el archivo de video sin etiquetar.

La labor de etiquetado también puede ser una tarea colaborativa en la que diversos técnicos enriquecen el archivo de video con sus propias etiquetas o categorías dentro de una o diferentes variables.

Si el videoanalista realiza con calidad su trabajo, y planifica a principio de temporada los eventos que quiere etiquetar, consensuándolo con los entrenadores, recuperadores y preparadores físicos, y el instrumento o sistema de registro es validado, se gestionará una base de datos audiovisual cualitativa y cuantitativa muy rica y fiable.

Cuando se etiqueta un video esta información genera, automáticamente, un conjunto de datos y/o estadísticas que puede ser exportada en hojas de cálculo, programas de estadística o a través de las aplicaciones de *software* de videoanálisis deportivo, con la ventaja de que, si se hace con estos últimos, estos datos están asociados a los eventos o secuencias de juego previamente etiquetadas (figura 7).

Figura 7: Videoanálisis V

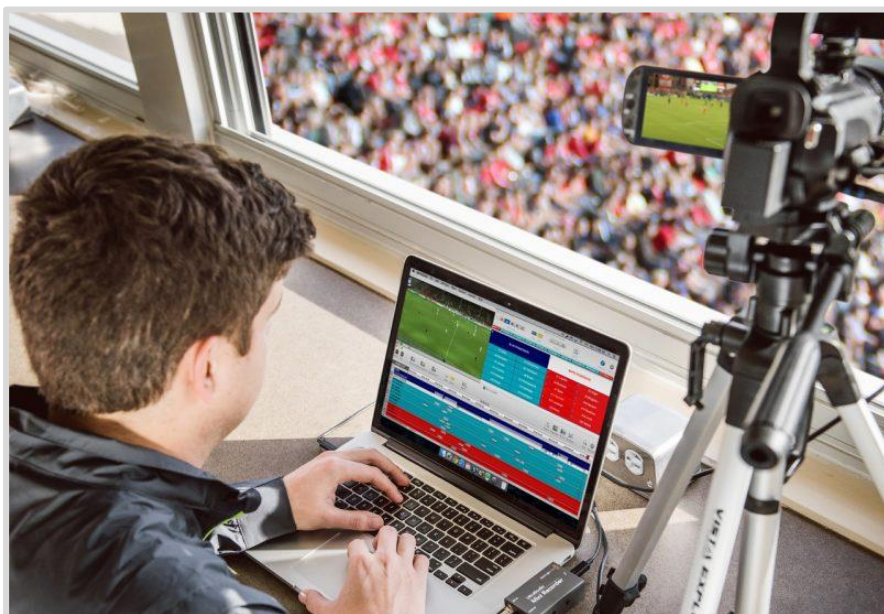


Fuente: [Imagen sin título sobre Videoanálisis V]. (2013). Recuperado de <https://www.nacsport.com/es/index.php/blog/item/262-2012-un-ano-de-crecimiento-para-nacsport>

Partidos

El trabajo del videoanalista en partidos es muy diverso, en función del uso que se le quiera dar al material producido. Los equipos más profesionales graban las imágenes y las etiquetan al mismo tiempo, distribuyéndolas más tarde o en tiempo real a diversos lugares y dispositivos.

Figura 8: Videoanálisis VI



Fuente: Hudl, 2016, <https://www.hudl.com/elite/sportscodes>

Desgraciadamente, todavía el trabajo del videoanalista no está reconocido y, a menudo, debe adaptarse a lugares de trabajo poco equipados, incómodos e inapropiados. Cuando solicitan a los equipos y a las competiciones un lugar de trabajo para llevar a cabo su función, se encuentran con que tienen que adaptarse a los espacios que dejan los medios de comunicación y otros servicios del club. Poco a poco, los estadios se están adaptando para poder ofrecer un espacio a los técnicos del equipo local y del rival, con un par de puestos de trabajo a la altura de la cámara principal, insonorizados y con la privacidad necesaria.

La mayoría de los videoanalistas graban los partidos y, al mismo tiempo, etiquetan el archivo de video para ser visualizado y analizado por los entrenadores justo después del partido, ya sea en el viaje de regreso o, cuando se juega de local, en el mismo estadio o en casa tranquilamente.

Pero los cuerpos técnicos más avanzados y con más recursos son capaces de comunicarse en tiempo real desde diferentes zonas del estadio. De esta manera, un entrenador situado en la grada puede recibir el video etiquetado en tiempo real por el videoanalista situado en la zona de la cámara principal. El mismo archivo puede ser enviado al vestuario para ser revisado en el medio tiempo por el cuerpo técnico e incluso puede ser mostrado a los jugadores (figura 9).

Figura 9: Videoanálisis VII



Fuente: Channel partner (2014). Link: <http://www.channelpartner.es/negocios/noticias/1074499002202/aprendiendo-jugar-al-futbol-bigdata-sap.1.html>

Como se aprecia en la figura 10 también existen experiencias de envío de la señal en tiempo real directamente al banquillo, cosa que actualmente no está autorizada en la mayoría de las competiciones, con el pretexto de proteger al equipo arbitral. Hace unos años, hubo un vacío legal que aprovecharon algunos equipos. Sin embargo, poco a poco, este flujo de trabajo se está regulando, y hoy en día la tendencia es a limitarlo. Pero el sentido común hace pensar que virará hacia un deporte más informado, respetuoso y profesional, como podría ser la NFL (*National Football League*).

Figura 10: Videoanálisis VIII

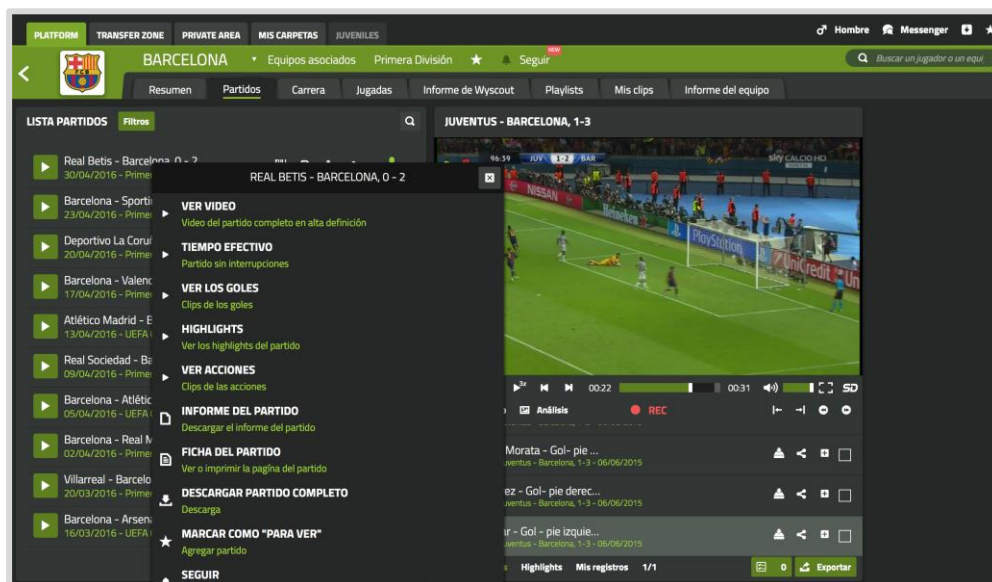


Fuente: Microsoft, 2014. Link: <https://news.microsoft.com/features/microsoft-and-nfl-add-benefits-for-teams-and-fans/#sm.00009c3l7612q5emyt13r0dqlwr8>

Análisis de rivales

Los videoanalistas que analizan rivales suelen tener dos tipos de fuentes de video. Una es la imagen televisiva que se obtiene de grabar directamente los partidos emitidos o descargados de plataformas especializadas de partidos deportivos.

Figura 11: Videoanálisis IX



Fuente: [Imagen sin título sobre videoanálisis IX], s.f., <https://v4.wyscout.com/app/>

La otra fuente es la captura que los propios videoanalistas realizan en los estadios de los equipos rivales. Esta última opción, que es la de mayor calidad - ya que permite una producción a medida para el propósito-, cada vez está más regulada por las competiciones y por los equipos, y es muy difícil tener acceso a los estadios para registrar el partido si no participa el equipo que representamos. Ante esta dificultad, se ha incrementado la red de contactos entre profesionales del sector que colaboran entre ellos intercambiando material. Las ligas y competiciones más avanzadas intentan ofrecer este servicio a todos los equipos participantes.

Como mínimo, los videoanalistas trabajan entre tres y siete partidos de los rivales. Intentan elegir muy bien el material con el que trabajar. Su objetivo es ofrecer un documento escrito y audiovisual que sirva al cuerpo técnico para preparar el partido contra el rival. A menudo, el trabajo de estos analistas es muy intenso, ya que se tienen que desplazar a grabar el partido para después etiquetarlo. Una vez finalizada esta tarea, deben elegir las acciones pertinentes para presentarlas y acompañarlas de toda la información estadística, clasificatoria e individual de cada jugador rival y, en la mayoría de los casos, proponer soluciones tácticas a las características del equipo a enfrentar en el próximo partido.

1.1.3 Indicadores de carga interna y externa

Para el análisis individual de los deportistas, a menudo, se utilizan dos conceptos: carga interna y carga externa. Cada uno de estos conceptos tiene distintos indicadores que ayudan a controlar la carga que ambos definen. Existen muchos indicadores y cada profesional utiliza unos u otros en función de su conocimiento, cultura y preferencia. Por lo general, estos indicadores se combinan de manera algorítmica para generar indicadores claves de rendimiento (KPI o *key performance indicators*).

Cuando se habla de carga externa, esta se podría definir como la medición de cualquier parámetro relacionado con la velocidad, ritmo, distancia, aceleración, salto, potencia, impactos, etcétera.

Figura 12: Videoanálisis X



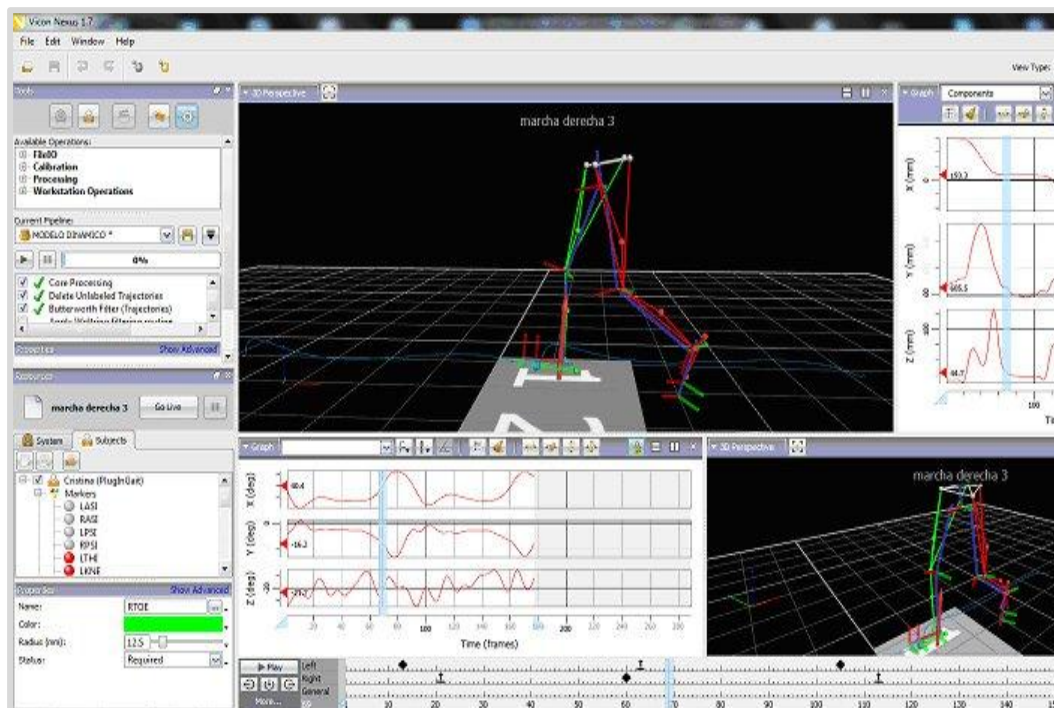
Fuente: Recuperado de <https://nexpleez.com/15-times-lionel-messi-did-something-which-is-impossible-for-other-footballer-to-do/>

Cuando se habla de carga interna, se habla de cómo el organismo de los deportistas responde a un esfuerzo determinado. Los indicadores que se utilizan para medir este concepto están relacionados con los parámetros metabólicos vinculados con la intensidad de los esfuerzos físicos: frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, concentración de lactato, entre otros.

Hay que tener en cuenta que el principal objetivo del videoanálisis que aquí nos ocupa es el del estudio de todo lo relacionado con la táctica y la estructura cognitiva de los jugadores, de cómo los equipos se manifiestan en el terreno de juego para conseguir sus objetivos, de entender las decisiones grupales e individuales que los jugadores de los equipos toman para intentar conseguir sus objetivos en función de la posición de sus compañeros, de los rivales, del balón y en un entorno definido. Analizar qué situaciones responden a criterios grupales o instrucciones de los cuerpos técnicos, y cuáles son situaciones de auto-organización del propio sistema-equipos, el cuál responde de la manera más eficiente posible a los estímulos a los que se ve sometido.

Pero el videoanálisis, si seguimos la definición literal que estas dos palabras dan a entender y que puede hacer referencia a cualquier tipo de análisis que se lleva a cabo a través de herramientas audiovisuales, también podría tener objetivos tan diversos como el análisis biomecánico, análisis del gesto técnico, etcétera (ver figuras 13 y 14).

Figura 13: Software de análisis biomecánico



Fuente: Recuperado de http://advancedmedicalsystems.es/productos-biomecanica/productos_area_biomecanica_vicon_software-nexus_foto2_grande.jpg

Figura 14: Biométricas



Fuente: [Imagen sin título sobre biométricas], s.f., <http://anatomiamoniespintorcolmeiro.blogspot.com/2016/01/ramon-actividades-unidad-3.html>

Los videoanalistas de los cuerpos técnicos están focalizados en el análisis de los conceptos tácticos de los equipos. Si utilizan sistemas de captación de imágenes

simples, estos no generan ningún tipo de datos ni información más allá de la puramente audiovisual y a través de la cual, el videoanalista enriquece con su trabajo.

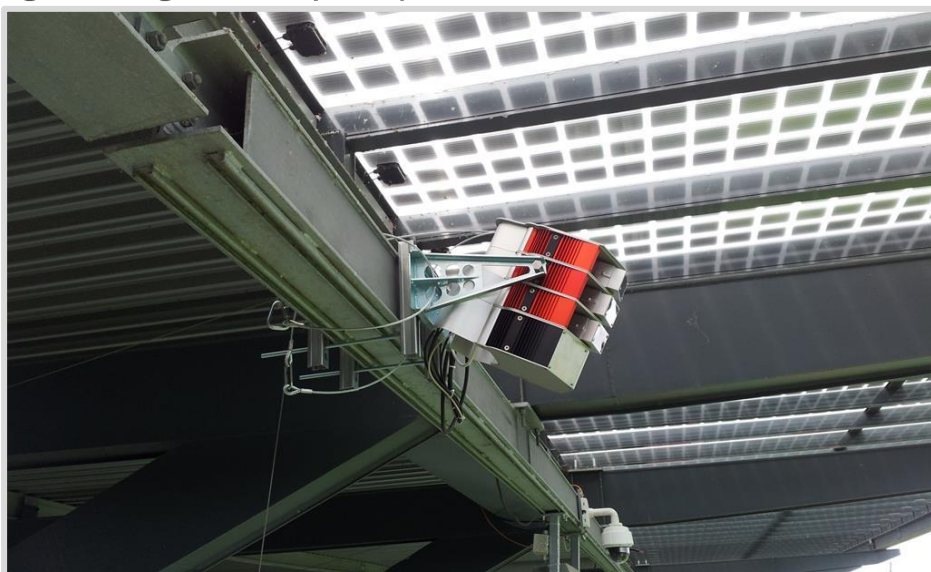
Aun así, existen sistemas más sofisticados que, por medio del uso de tecnología audiovisual, consiguen hacer un seguimiento de los jugadores, e incluso del balón y aportan datos de gran utilidad. Esos datos están relacionados con la carga externa de los jugadores. Todavía hoy la industria no ha conseguido desarrollar productos comerciales que ofrezcan datos de la carga interna de los jugadores mediante tecnología audiovisual.

Estos sistemas necesitan de la intervención humana durante el evento y también al concluir el mismo, para hacer una corrección de errores que, desgraciadamente, son muy habituales por la oclusión que se produce cuando los jugadores se cruzan o se juntan y el sistema confunde los píxeles de un jugador con los de otro.

Sistema fijo

La mayoría de estos sistemas se colocan en las instalaciones deportivas (pabellones o estadios), quedando fijos durante una o más temporadas o periodos competitivos (figura 15).

Figura 15: Seguimiento óptico fijo



Fuente: ChyronHego, 2016, <http://chyronhego.com/sports-data/tracab>

Sistema portátil

También existen sistemas portátiles que pueden ser instalados en otras instalaciones cuando los equipos no juegan en casa y visitan los estadios de otros equipos. Las instalaciones portátiles necesitan un tiempo de instalación de entre 45 y 90 minutos.

Figura 16: Seguimiento óptico portátil



Fuente: Amisco, 2013, <https://www.todayonline.com/sports/football/football-high-tech-way>

Los sistemas de captación de imágenes más sencillos, basados en una videocámara y una ingesta en un *software* de edición de video, no tienen ningún tipo de dato, ni externo ni interno.

Los sistemas más complejos, como los descritos anteriormente, sí dan algún tipo de dato de la carga externa, pero todavía hoy, ningún dato de la carga interna. No todos los datos de carga externa que ofrecen estos sistemas tienen un grado alto de fiabilidad (Link, Linke y Lames, 2018). Los datos de distancia general recorrida sí se aproximan bastante a la realidad. A medida que aumenta la velocidad y la aceleración, estos sistemas tienen más problemas para servir esta información (Barris y Button, 2008), ya que trabajan con márgenes de error de posicionamiento que son claves a la hora de detectar altas intensidades de velocidad.

Figura 17: Herramienta de análisis



Fuente: Elaboración propia a base del software Mediacoach, 2016.

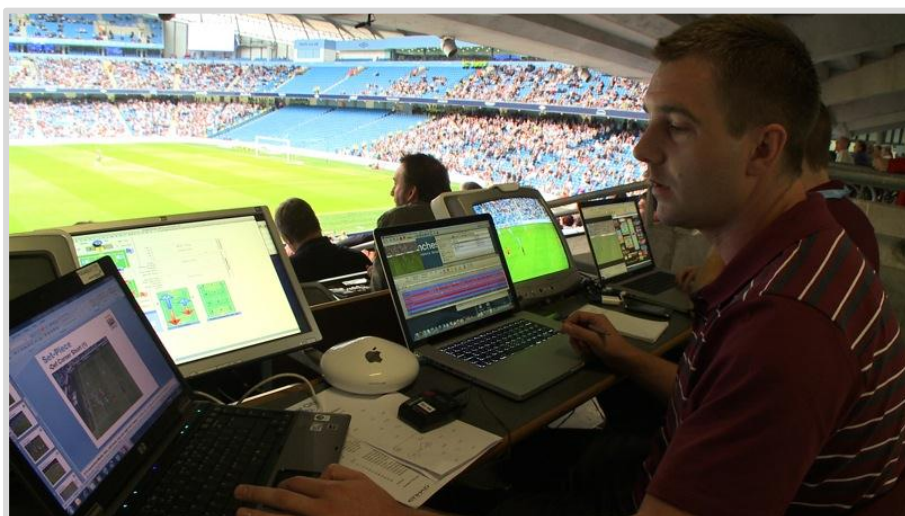
1.1.4 Validez y utilidad de los datos obtenidos

Los datos que se generan a partir del tratamiento de la información audiovisual, por parte de los videoanalistas, son de un gran valor cualitativo y cuantitativo, porque están fundamentados tanto en la subjetividad como en la objetividad (Hernández, et. al. 2014)

La ventaja que ofrece trabajar con datos subjetivos es que se alinean exactamente con las necesidades que tiene el cuerpo técnico, ya que *a priori*, se han consensuado conceptos, terminología, y está alineado con la metodología y filosofía de trabajo a través de un proceso de validación técnico. A veces, el problema de trabajar con datos que generan terceros es que no se adecuan exactamente a las necesidades del consumidor.

En este sentido, la utilidad que estos datos tienen para el equipo técnico es de gran valor, ya que permitirán analizar el rendimiento individual y grupal, siguiendo los principios tácticos que se manejan. Por ejemplo, que una empresa ofrezca datos de pases correctos realizados por un equipo o un jugador, a menudo, es un tipo de información que no ayuda mucho, ya que, para un equipo, un pase bueno será el que conecte a un jugador con otro de su mismo equipo, sin valorar si había otra opción mejor o si era el más adecuado para esa situación en concreto.

Figura 18: Análisis de *performance*



Fuente: [Imagen sin título sobre análisis de performance], s.f., <http://content.mcfc.co.uk/~media/Images/Home/News/Club%20news/2011/September/Performance%20Analysis%20Web%20still3.ashx?w=0&h=0&as=1>

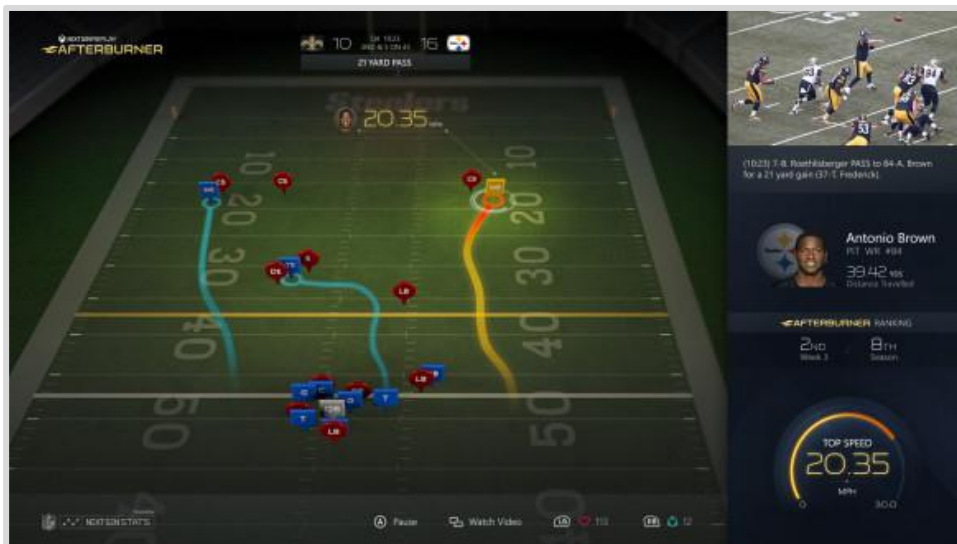
La validación de este tipo de datos la realiza el cuerpo técnico de cada equipo y, a menudo, va ligada a la profesionalidad y la confianza que los entrenadores y la organización tienen en el videoanalista. Sin embargo, también se pueden aplicar diferentes estrategias que permitan controlar la calidad de este dato con el objetivo de minimizar las diferencias que puedan existir entre los registros de diferentes videoanalistas o de uno mismo (Etxeazarra, Castellano y Usabiaga, 2013).

Los sistemas más complejos de videoanálisis son capaces de ofrecer datos de la carga externa de los jugadores. La utilidad de estos datos es de gran valor, ya que permite comparar y cuantificar las cargas de trabajo en competición de los jugadores. Que los datos sean de utilidad no significa que su validez o fiabilidad sea muy alta. Son útiles porque son aquellos de los que se dispone, pero es necesario conocer que existen errores de mayor o menor magnitud provocados por dos aspectos distintos: el primero, la tecnología utilizada, que todavía debe evolucionar para ser más precisa; el segundo, la profesionalidad y habilidad de la empresa que proporciona los datos.

Los principales problemas de estos datos están relacionados con:

- Seguimiento del balón en el fútbol. La dimensión del terreno de juego, la distancia de la posición de las cámaras y las pequeñas dimensiones del móvil son factores que complican mucho el seguimiento fiel de la trayectoria del balón.
- Alta intensidad o velocidad. Por los *tests* y estudios que se han realizado, se observa que cuando los jugadores alcanzan aceleraciones máximas o velocidades altas, el cálculo de estas distancias tiene errores significativos.

Figura 19: Cargas individuales



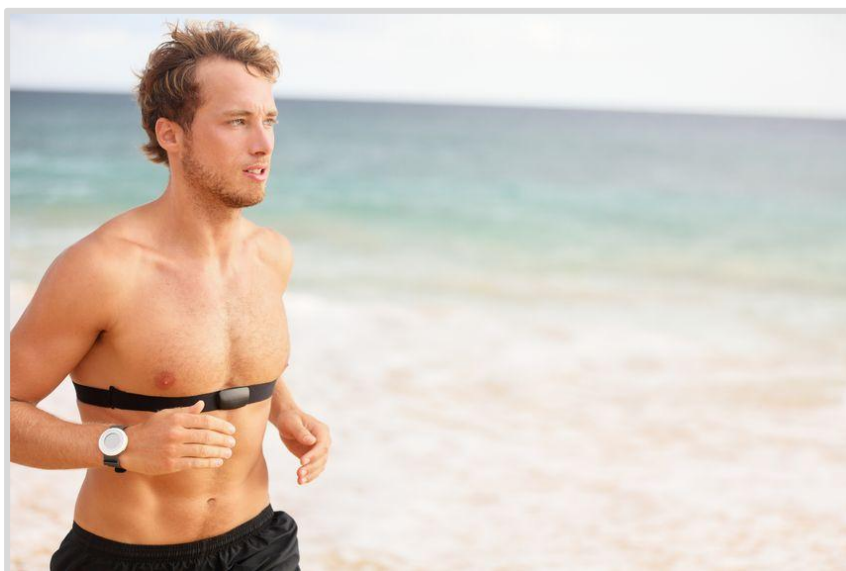
Fuente: [Imagen sin título sobre NLS sensor technology], s.f., https://www.electronicproducts.com/Sensors_and_Transducers/Sensors/NFL_sensor_technology_tracks_all_players.aspx

1.2 Relación entre el videoanálisis y otros métodos de monitorización

1.2.1 Videoanálisis y control de la frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca es una variable de carga interna que, para ser medida, se requiere que exista contacto del sistema de monitorización con la piel de la persona a la que se quiere controlar. En el mundo del deporte lo más habitual es medir la frecuencia cardíaca a través de unos electrodos que se encuentran en una banda que es colocada en el pecho del atleta.

Figura 20: Pulsómetro

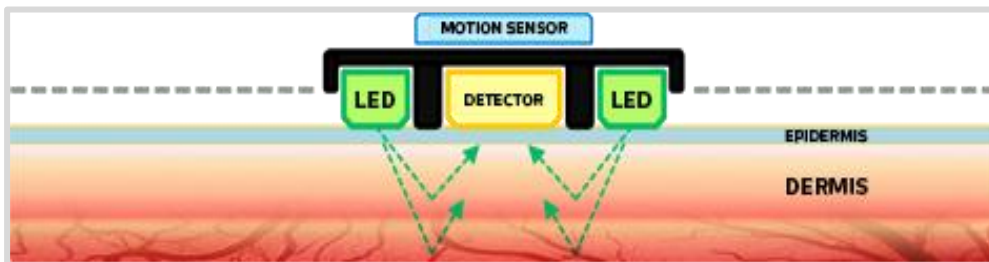


Fuente: [Imagen sin título sobre pulsómetro], s.f., https://firstmarathon.net/2017/07/16/how-to-run-long/shutterstock_136802225/

En los últimos años, la tecnología ha evolucionado hacia soluciones menos invasivas y menos molestas para la práctica deportiva. Hoy, ya es habitual ver como no es necesaria la tecnología de electrodos y existen tecnologías ópticas que permiten conocer la frecuencia cardíaca. La más habitual, que es la que usan la mayoría de los productos, se encuentra instalada en los monitores de muñeca (reloj) y utiliza tecnología de Philips de 2013.

Una de las últimas soluciones tecnológicas que se han presentado es la de Apple y que utiliza el reloj inteligente de esta marca. La tecnología utilizada se denomina *fotopletismografía*, que es la misma que se utilizan en los procedimientos médicos para realizar mediciones volumétricas de los órganos y que se fundamenta en el uso de fotodiodos sensibles a la luz para detectar la cantidad de sangre que fluye.

Figura 21: Uso de reloj



Fuente: Philips, 2019, <https://www.philips.ae/healthcare/sites/wearable-sensing-technologies>

Figura 22: Tecnología Apple



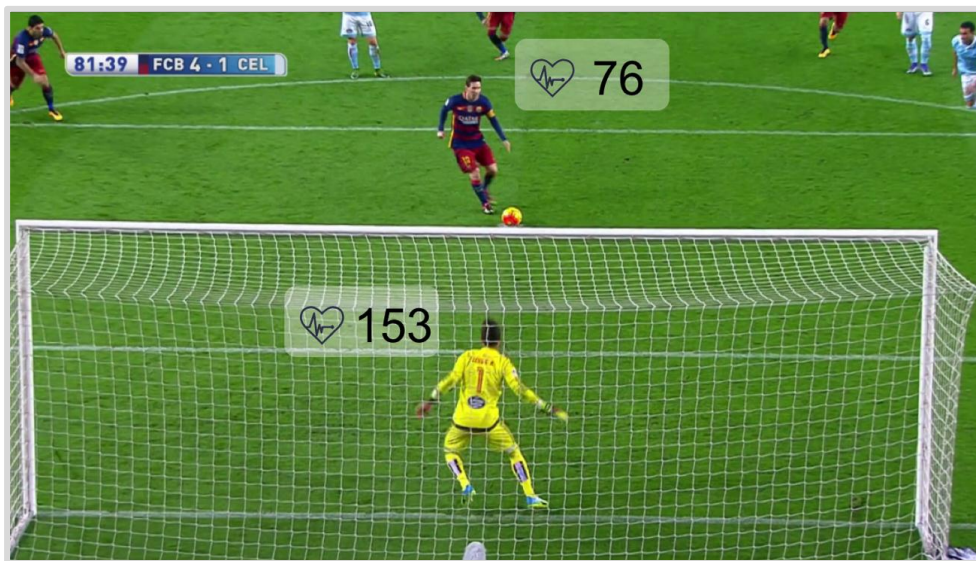
Fuente: [Imagen sin título sobre Apple watch],s.f., <http://www.giiks.com/geek/apple-watch-la-montre-connectee-du-gaunt-americain-48482/>

Aunque la mayoría de estas soluciones tienen, como soportes, monitores situados en las muñecas de los deportistas, ya existen experiencias de ubicar tanto los electrodos como los sensores ópticos en camisetas inteligentes que son poco invasivas para el deportista.

El hecho de que la tecnología haya avanzado hacia los sensores ópticos hace pensar que, en el futuro, quizá, estos sensores situados a distancia puedan detectar esta variable y algunas otras más, como el lactato. Tal vez, una sola cámara como la que hoy se utiliza para captar imágenes pueda ser el soporte para captar variables de la carga externa y de la carga interna. Sin embargo, a día de hoy, estas son solo hipótesis.

Las primeras experiencias de relación entre variabilidad de la frecuencia cardíaca se llevan a cabo no en el sector del deporte profesional, sino en el de la producción televisiva. No estamos lejos de vivir situaciones como telespectadores en las que se ofrezcan datos de la carga interna y externa de los deportistas para enriquecer nuestra experiencia.

Figura 23: Biométrica y fútbol



Fuente: elaboración

propia en base a Eurosport, 2016.

Aunque en el futuro la tecnología permita captar datos de la carga interna de las personas, el uso y aplicación de estas tecnologías, primero, deberá solucionar otros problemas que tienen que ver con el derecho a la intimidad y la protección de datos personales y médicos de los ciudadanos y de los deportistas *amateurs* y profesionales.

1.2.2 Videoanálisis y GPS

Como en muchas otras ocasiones a lo largo de la historia, se ha utilizado el nombre de una tecnología para dar nombre a un producto, concepto o materia. Nos hemos habituado a escuchar hablar de GPS como herramienta para controlar la carga interna y externa de los deportistas, cuando, en realidad, GPS (*global position system*) es solo una tecnología desarrollada por el Departamento de Seguridad de los Estados Unidos, que sirve para geolocalizar objetos en la Tierra a través de la triangulación de señales recibidas por una serie de satélites situados en el espacio. GNSS (sistema global de navegación por satélite) es exactamente la misma tecnología, pero desarrollada por la antigua Unión Soviética. Actualmente la Unión Europea tiene un proyecto en marcha denominado Galileo y que básicamente es el mismo que el GPS y el GNSS.

Actualmente, existen tres tecnologías para controlar la carga interna y externa de los deportistas.

- Sistemas basados en tecnologías de reconocimiento geoposicional por tecnologías por satélite.
- Sistemas basados en tecnologías de reconocimiento geoposicional por radio frecuencia.
- Sistemas basados en tecnologías de reconocimiento geoposicional por sistemas ópticos.

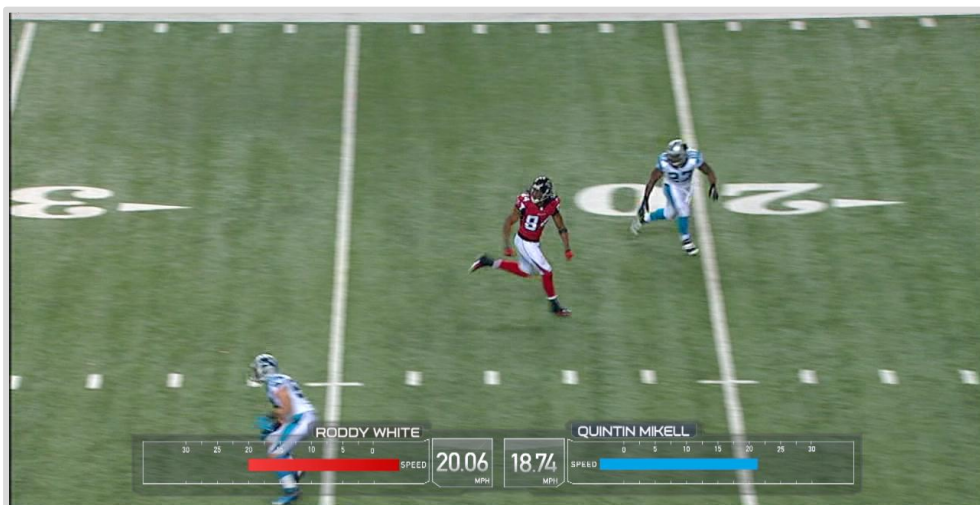
La FIFA ha hecho una propuesta para denominar a todos estos sistemas *Electronic Performance & Tracking Systems* (EPTS) (Linke, Link y Lames, 2018). A partir de ahora, cuando nos refiramos a todos estos sistemas, lo haremos como EPTS

Es importante no confundir conceptos y aclarar que el videoanálisis que se trabaja en este curso tiene que ver con el análisis más táctico de la competición y del entrenamiento. Aun así, no podemos obviar que las soluciones tienden a hibridarse y, en este apartado, se observa el caso muy concreto de una solución que nació con vocación de ayudar a entrenadores y que está sirviendo a preparadores físicos para monitorizar la carga durante la competición: los sistemas basados en tecnologías de reconocimiento geoposicional por sistemas ópticos.

Estos sistemas son de gran utilidad para analizar al equipo propio y al rival en diferentes aspectos relacionados con conceptos tácticos y técnicos, colectivos e individuales.

El hecho de que hasta hace muy poco tiempo los jugadores no pudieran competir con ningún dispositivo electrónico hacía muy difícil cuantificar la carga de los atletas en competición. Sin embargo, a través de esta tecnología, con mayor o menor éxito, se ha intentado conocer estas cargas.

Figura 24: Seguimiento individual



Fuente: Sporttechie, s.f., <https://www.sporttechie.com/zebra-technologies-revolutionizes-on-field-nfl-player-tracking/>

Los estudios que han intentado comparar datos han llegado a dos conclusiones (Linke, Link y Lames, 2018). La primera, que hay grandes diferencias en función de la empresa que ofrece los datos a través de tecnología óptica; y la segunda, que se observan mayores diferencias cuando las variables a medir tienen que ver con valores de carga externa de alta intensidad y aceleraciones.

A día de hoy, los sistemas ópticos o de videoanálisis no pueden ofrecer datos de la carga interna.

La hibridación de productos y servicios lleva a la industria a que los *softwares* dedicados a monitorizar la carga interna y externa de los deportistas sean capaces de ingestar ficheros de video y sincronizarlos para poder contextualizar todas estas cargas.

A su vez, los *softwares* de edición de video más destinados a videoanálisis técnico y táctico son capaces de ingerir archivos de datos para enriquecer los trabajos de los videos analistas.

1.2.3 Videoanálisis y registro durante la competición

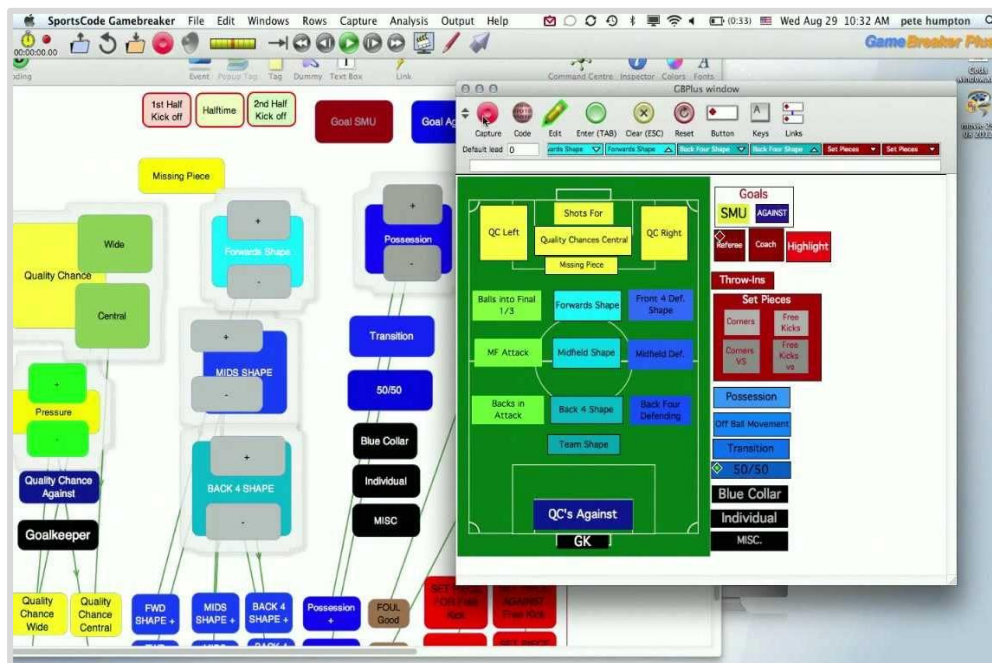
Los *softwares* de videoanálisis deportivo ofrecen un gran abanico de soluciones que permiten etiquetar cada acción que sucede en tiempo real, lo que permite crear un análisis subjetivo del entrenamiento o del partido que se analiza de manera dinámica. El análisis en tiempo real permite que cualquier concepto o situación de juego sea registrado cuantitativamente y que, al mismo tiempo, quede enlazado a un momento de la línea de tiempo, lo que permite contextualizar cualquier concepto estadístico.

Figura 25: Medición tiempo real



Fuente: [Imagen sin título sobre Medición tiempo real]. (sf). Recuperado de <https://i.pinimg.com/originals/e8/27/f8/e827f88a50bed29e12575f7377cb33c.jpg>

Figura 26: Planilla de etiquetado



Fuente: Captura de pantalla [DTSVideoGamebreaker, 2012, https://www.youtube.com/watch?v=9Jrd4_e1xSU]

Todas las marcas o etiquetados que se realizan quedan guardados en una serie de tablas de contingencia, base de datos de referencias, clasificadores audiovisuales, ventanas de estadística y líneas de tiempo, todas ellas vinculadas entre sí, que permiten análisis muy completos.

La ventana de estadística es una hoja de cálculo con la capacidad de realizar cálculos, extraídos de las marcas realizadas en las ventanas de código y que quedan recogidas en una línea de tiempo. Esta ventana de estadística permite realizar operaciones matemáticas y lógicas. Además, es muy flexible, ya que sus filas y columnas pueden moverse, añadirse, borrarse y presentar el resultado en cientos de formas y secuencias de comandos que pueden ser copiadas y pegadas en otras celdas.

También es posible utilizar aplicaciones de codificación independientes de cualquier *software*, que permitan exportar los datos trabajados en formato .csv o xml, entre otros.

Figura 27: Registro en tiempo real



Fuente: Hudl Analysis. 2014. Link: <https://twitter.com/hudlanalysis/status/501264833116110849?lang=es>

Así mismo, estos *softwares* de videoanálisis también permiten la exportación de datos a terceros, a través de diferentes formatos, de acuerdo con la herramienta que deba integrarlos.

1.2.4 Videoanálisis e intervención en el entrenamiento

Todo el análisis que se realiza durante los entrenamientos y partidos tiene como objetivo conocer que está pasando, para mejorar procesos y comportamientos que lleven a los equipos y a los deportistas a aumentar su rendimiento deportivo.

Cuando hablamos de la intervención que tiene el videoanálisis en el entrenamiento, hablamos siempre de intervención durante el transcurso de este, es decir, análisis de video en tiempo real e intervención en el transcurso del entrenamiento.

Figura 28: Registro durante el entrenamiento



Fuente: Sport, 2014,

<https://www.sport.es/es/noticias/barca/luis-enrique-resucita-andamio-georges-3414825>

Durante los entrenamientos, todo lo que se registre a través de las videocámaras, así como lo que se analice en tiempo real, puede mostrarse a través de diferentes plataformas. Lo más sencillo es mostrarlo a través de ordenadores, *teléfonos inteligentes*, tabletas u ordenadores portátiles que el propio cuerpo técnico tenga durante el entrenamiento.

Figura 29: Análisis en entrenamientos



Fuente: [Imagen sin título sobre análisis de entrenamientos], s.f., <http://jogja.tribunnews.com/2013/11/06/mourinho-tak-percaya-kutukan-november>

Existen otras soluciones más innovadoras, apoyadas por la evolución tecnológica y las necesidades de cada deporte. Quizás una de las primeras experiencias en ese sentido se pudo ver en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés con el equipo olímpico de natación sincronizada, hace ya más de diez años. Las nadadoras, después

de realizar un ejercicio, podían ver el video de lo que habían realizado y recibir las correcciones de sus entrenadores (ver figura 30).

Existen estudios acerca de los beneficios que aporta la utilización de una fuente externa, por ejemplo el uso de video en directo, para establecer un *feedback* que ayude a mejorar el rendimiento del deportista (Giblin, Tor y Parrington, 2016), y algunos que cifran el rendimiento de un deportista en más de un 15 % de mejora si recibe *feedback* en formato de video en directo y es capaz de repetir el ejercicio de nuevo corrigiendo los errores, que si el *feedback* lo recibe después de la sesión y no tiene ocasión de repetir el ejercicio hasta la siguiente sesión de entrenamiento.

Figura 30: Equipo Olímpico de Natación revisando su trabajo



Fuente: Alvarez, 2012, https://elpais.com/deportes/2012/07/22/actualidad/1342953297_687967.html

A partir de esa experiencia, se evalúan muchas otras formas de mostrar video durante los entrenamientos, como la utilización de video marcadores en pabellones o estadios, dispositivos móviles adaptados, etcétera (figura 31).

Es muy importante buscar el equilibrio entre aumentar el rendimiento del deportista en los entrenamientos a través de la tecnología y basar los entrenamientos exclusivamente en el uso de tecnología, para evitar que esta colonice los espacios reservados a la práctica deportiva, los desnaturalice y los convierta en laboratorios móviles. La tecnología debe estar al servicio de los entrenadores y los deportistas, pero el deporte, el juego y, sobre todo, los deportistas son los principales protagonistas del proceso.

Figura 31: Análisis táctico durante el entrenamiento



Fuente: Olympique Marsella, s.f., <http://archivo.depor.com/futbol-internacional/marcelo-bielsa-bielsamovil-que-te-ensena-tacticas-futbol-1039957>

Referencias

Active Analysis. (2016). Active Analysis. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://active-analysis.com/coda/>

Advanced Medical Systems (2016). Recuperado el 15 de 01 de 2017, de http://advancedmedicalsistemas.es/productos-biomecanica/productos_area_biomecanica_vicon_software-nexus_foto2_grande.jpg

Alvarez, C. (22 de julio de 2012). *Factoría de sirenas*. Recuperado de https://elpais.com/deportes/2012/07/22/actualidad/1342953297_687967.html

Amisco (2013). Football, the high-tech way. *Today* [version digital]. Recuperado de <http://m.todayonline.com/sports/football/football-high-tech-way>

Anguera Argilaga, M. T., & Hernández Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. E-balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte, 2013, vol. 9, num. 3, p. 135-160.

Baca, A., Dabnichki, P., Heller, M. y Kornfeind, P. (2009). Ubiquitous computing in sports: A review and analysis. *Journal of Sports Sciences*, 27(12), pp. 1335-1346.

Barris, S. y Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Medicine*, 38(12), pp. 1025-1043.

Castellano, J., Perea, A., Alday, L. y Mendo, A. H. (2008). The measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40(3), pp. 898-905.

ChyronHego (2016). *Home*. Recuperado de <http://chyronhego.com/sports-data/tracab>

Channel partner. (2014). Recuperado el 04 de 06 de 2014, de <http://www.channelpartner.es/negocios/noticias/1074499002202/aprendiendo-jugar-al-futbol-bigdata-sap.1.html>

Coub. (31 de 05 de 2015). Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://coub.com/view/bi1ee>

Etxeazarra, I., Castellano, J. y Usabiaga, O. (2013). Aplicación de diferentes estrategias para el control de calidad del dato de una herramienta observacional en fútbol formación. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 8(2).

Eurosport (14 de 02 de 2016). *Lionel Messi PASSES from penalty for Suarez Suarez to score hat-trick for Barcelona*. Recuperado de http://www.eurosport.com/football/liga/2015-2016/messi-passes-from-penalty-for-suarez-to-score-hat-trick-for-barcelona_sto5176328/story.shtml

DTSVideoGamebreaker (06 de 09 de 2012). *Matching your Coda and Sportscode Code windows* [Youtube]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=9Jrd4_e1xSU

Franks, I. M., & Goodman, D. (1986). A systematic approach to analysing sports performance. *Journal of Sports Sciences*, 4(1), 49-59.

Giblin, G., Tor, E. y Parrington, L. (2016). The impact of technology on elite sports performance. *Sensoria: A Journal of Mind, Brain & Culture*. 12. doi: 10.7790/sa.v12i2.436.

Hernández Mendo, A., Castellano, J., Oleguer Camerino, O., Jonsson, G., Blanco Villaseñor, Á., Lopes, A., & Anguera Argilaga, M. T. (2014). Programas informáticos de registro, control de calidad del dato, y análisis de datos. *Revista de psicología del deporte*, 23(1), 0111-121.

Hudl (2016). Home. Recuperado de <https://www.hudl.com/elite/sportscode>

Hughes, M. y Franks, I. M. (Eds.). (2004). *Notational analysis of sport: Systems for better coaching and performance in sport*. Psychology Press. Lugar: London. Editorial: Routledge

[Imagen sin título sobre análisis de performance] (s.f.). Recuperado de <http://content.mcfc.co.uk/~media/Images/Home/News/Club%20news/2011/September/Performance%20Analysis%20Web%20still3.ashx?w=0&h=0&as=1>

[Imagen sin título sobre uso de tecnología GPS] (2016). Adaptado de <https://www.laprensa.hn/deportes/944345-410/messi-desata-tremendo-esc%C3%A1ndalo-en-egipto-por-un-par-de-tacos>. 2016.

[Imagen sin título sobre Videoanálisis V]. (2013). Recuperado de <https://www.nacsport.com/es/index.php/blog/item/262-2012-un-ano-de-crecimiento-para-nacsport>

[Imagen sin título iCODA 2] (s.f.). Recuperado de <https://itunes.apple.com/us/app/icoda-2/id548504789#?platform=iphone>

[Imagen sin título sobre Apple watch] (s.f.). Recuperado de <http://www.giiks.com/geek/apple-watch-la-montre-connectee-du-geant-american-48482/>

[Imagen sin título sobre videoanálisis II] (s.f.). Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/eventosuc3m/7465528938/in/album-72157629298838075/>

[Imagen sin título sobre Videoanálisis I]. (2019). Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=iTR2C4BK02Y>

[Imagen sin título sobre biométricas] (s.f.). Recuperado de <http://anatomiamoniespintorcolmeiro.blogspot.com/2016/01/ramon-actividades-unidad-3.html>

[Imagen sin título sobre Medición tiempo real]. (sf). Recuperado de <https://i.pinimg.com/originals/e8/27/f8/e827f88a50bed29e12575f7f377cb33c.jpg>

[Imagen sin título sobre NLS sensor technology] (s.f.). Recuperado de https://www.electronicproducts.com/Sensors_and_Transducers/Sensors/NFL_sensor_technology_tracks_all_players.aspx

[Imagen sin título sobre pulsómetro] (s.f.). Recuperado de https://firstmarathon.net/2017/07/16/how-to-run-long/shutterstock_136802225/

[Imagen sin título sobre Videoanálisis de partido] (s.f.). Recuperado de <https://twitter.com/hudlanalysis/status/501264833116110849?lang=es>

Linke, D., Link, D., & Lames, M. (2018). Validation of electronic performance and tracking systems EPTS under field conditions. *PloS one*, 13(7), e0199519.

Mediacoach. (2016). Captura de Pantalla del software Mediacoach. Recuperado el 15 de 01 de 2017. <https://portal.mediacoach.es/>

Microsoft. (2014). Microsoft. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://news.microsoft.com/features/microsoft-and-nfl-add-benefits-for-teams-and-fans/#sm.00009c3l7612q5emyt13r0dqblwr8>

Olympique Marsella (s.f.). *Marcelo Bielsa: el 'Bielsamóvil' que enseña sus tácticas de fútbol*. Recuperado de <http://archivo.depor.com/futbol-internacional/marcelo-bielsa-bielsamovil-que-te-ensena-tacticas-futbol-1039957>

Philips (2019). *Superior technology from a healthcare leader*. Recuperado de <https://www.philips.ae/healthcare/sites/wearable-sensing-technologies>

Sport (2014). *Luis Enrique resucita su andamio*. Recuperado de <https://www.sport.es/es/noticias/barca/luis-enrique-resucita-andamio-georges-3414825>

SportsTec. (2016). SportsTecManuals. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://sportstecmanuals.help/sportscodes-10/reviewanalysis/code-matrix/using-the-code-matrix/>

SportTechie (11 de 08 de 2014). *Zebra Technologies Revolutionizes On-Field NFL Player Tracking*. Recuperado de <http://www.sporttechie.com/2014/08/11/sports/nfl/zebra-technologies-revolutionizes-on-field-nfl-player-tracking/>

TCM Performance. (30 de 03 de 2015). TCM Performance. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <https://thecoachingmanual.com/>

Wyscout. (2016). Wyscout App. Versión 4. Captura de Pantalla del software Wyscout. Recuperado el 15 de 01 de 2017. Wyscout Spa - Corso Garibaldi, 32/8 16043 Chiavari (Ge), Italy - VAT n. IT01499880993 - Enfold Theme by Kriesi.

Zok, M. (2015). *Covering the entire Internet of Things ecosystem*. IoTTech Expo, Santa Clara: IoTTech.