
AUTORES: García López, J.; Rubio Hernández, I.

TÍTULO: “La velocidad en el fútbol”.

REF. LIBRO: “Máster Universitario de Preparación Física en Fútbol: Demandas Fisiológicas del Juego y Valoración de la Condición Física del Jugador de Fútbol”. Págs. 176-242. Ed. Facultad de Ciencias del Deporte. UCLM.

LUGAR/FECHA: Madrid, 2004.

CLAVE: Capítulo.

1.2.4. La velocidad en el fútbol.

En los últimos tiempos, la velocidad en el fútbol está siendo considerada como una cualidad determinante del rendimiento deportivo. Si bien en la década de 1950 la distancia total recorrida por un futbolista en un partido era de 3 a 5 Km, estudios recientes la calculan entre 8 a 11 Km (Bangsbo, 1994); no obstante, hoy día, y en relación con el rendimiento del futbolista, se considera tan importante el aumento de la distancia total recorrida como el aumento de acciones explosivas y de velocidad que pueden realizarse durante un partido, habiendo pasado éstas de 70 hasta 185 en el penúltimo campeonato mundial de fútbol (Moreno, 1994). Estas acciones suelen ser de carácter acíclico, y se manifiestan en forma de sprints, saltos, takles, caídas y reincorporaciones, etc. (Porta y cols., 1996), realizadas a la máxima intensidad (“all-out”) y de corta duración (la mayoría de los sprints son de 8-13 m.) (Bangsbo, 1994; Matín, 1994).

Resulta bastante complejo medir la velocidad de las acciones acíclicas durante un partido de fútbol (Rico-Sanz, 1997), a pesar de lo cual, suele ser la forma más directa de evaluar los efectos de diferentes programas de entrenamiento o la diferencia entre futbolistas de distinto nivel (Helgerud y cols., 2001). Por ello, la primera parte del presente trabajo trata sobre los estudios que han valorado la velocidad en estas condiciones, profundizando en las distintas metodologías que pueden emplearse. Una alternativa de futuro sería la utilización de los sistemas de posicionamiento global (GPS) para conocer exactamente la velocidad de los desplazamientos que un futbolista realiza en condiciones de entrenamiento y competición. La mejora de estos sistemas provocaría una revolución en el ámbito de la preparación física: permitiendo el seguimiento de mayor número de jugadores, haciendo más cuantificable la carga del entrenamiento, ampliando las posibilidades de investigación sobre diferentes niveles de rendimiento, efectos de distintos programas de entrenamiento, etc.

Mientras no se consiga mejorar las técnicas para medir la velocidad de desplazamiento en situación real de juego, la única alternativa de la mayoría de los autores es recurrir a la utilización de tests físicos estandarizados. Por ello, en la segunda parte de este trabajo se definen las diferentes manifestaciones de la velocidad de desplazamiento (velocidad de aceleración, máxima y resistencia), profundizando en distintas metodologías que nos permiten valorarla. Una vez que se conoce el marco teórico de valoración de la velocidad de desplazamiento, se han revisando diferentes trabajos que han investigado sobre la influencia de determinadas variables en esta cualidad (edad, entrenamiento, nivel competitivo y posición en el campo); paralelamente, también se recopilan valores de referencia que nos permitirán comparar los resultados de nuestras evaluaciones.

Otra manifestación de la velocidad de desplazamiento más estudiada en los últimos años es la resistencia a la velocidad, que no ha sido abordada en el apartado anterior, y que también puede estudiarse desde el punto de vista de la resistencia. La mayoría de los autores coinciden en la gran similitud existente entre los

requerimientos físicos de un partido de fútbol y la resistencia a la velocidad. Tras una primera etapa en la que se investigaron las fuentes energéticas implicadas en distintos esfuerzos de resistencia a la velocidad, se han diseñado numerosos protocolos de campo y laboratorio que permiten valorarla, muchos de los cuales son específicos para el fútbol. Los resultados de estas investigaciones ofrecen nuevas perspectivas de cara al entrenamiento y estudio de este deporte, por lo cual, en la última parte del presente trabajo se revisan los criterios metodológicos que debe cumplir un test de resistencia a la velocidad, así como los principales tests de campo que han sido empleados en la valoración de esta cualidad en futbolistas.

1.2.4.1. La velocidad durante el juego.

El análisis de la velocidad de desplazamiento en un partido de fútbol se ha realizado normalmente atendiendo a escalas de valoración (métodos de observación) que consideran desde 3 hasta 5 grados de intensidad. A cada grado de intensidad se le asigna una velocidad medida de desplazamiento, calculándose las distancias recorridas a las diferentes intensidades multiplicando ésta por el tiempo que el jugador permanece en la misma. Un buen resumen ha sido presentado por López (1994), quien ha descrito que el jugador de fútbol recorre una distancia total media de 8-13 Km, de los cuales un 8-12 % se realizan esprintando sobre una distancia media de 13.3 m, y recuperando entre sprints sucesivos una media de 28-30 s. Además este autor ha cuantificado un total de 88-135 sprints por partido, de los cuales 48-75 se realizan desde parado y 40-60 son aceleraciones partiendo de una posición en movimiento. Sin embargo, la velocidad de desplazamiento en el juego se ha expresado de tres formas distintas: respecto del volumen total de acciones; respecto del tiempo total en desplazamiento y respecto de la distancia total recorrida.

Respecto al *volumen total de acciones*, se pone de relieve que, en líneas generales, el volumen total de desplazamientos se realiza a bajas o medias. Saltin, en 1973, cuantifica un 50 % de las acciones se realizan en forma de carrera suave, un 25 % se realizan a velocidad submáxima y un 25% a velocidad máxima o cercana al máximo. También Reilly y Thomas (1976) valoran que un 22.8 % de las acciones se realizan andando, un 37.5 % a ritmo de carrera lenta, un 20.6 % a velocidad submáxima, un 10.7 % en sprint o velocidad máxima y un 8.4 % en forma de desplazamientos hacia atrás. En otro análisis de la competición Ekblom, en 1986, afirma que entre un 50-70 % de los desplazamientos se realizan en forma de carrera suave, un 20-30 % como carrera submáxima y un 8-18% a velocidad máxima. Para Bosco (1991) un 70 % de las acciones son de velocidad moderada, un 20 % de velocidad submáxima y un 10 % de velocidad máxima. En resumen, dependiendo del autor consultado, entre un 10-25 % de las acciones de un partido se realizan a velocidad máxima. Esta variabilidad depende de la metodología utilizada para valorar la velocidad de los desplazamientos durante el juego, cuestión que será abordada en este mismo apartado. Lo más probable es que en torno al 10 % de las acciones se realicen a velocidad máxima, sin embargo, todavía no se han podido cuantificar con exactitud.

Respecto al *tiempo total de las acciones*, los estudios también coinciden en que, del tiempo que el futbolista se está desplazando en el partido, la mayor parte es ocupado por desplazamientos considerados de baja o media intensidad; así Blinz, en 1985, cuantifica que un 29.1 % del tiempo corresponde a acciones que se realizan andando, un 57.7 % trotando, un 10.1 % de alta intensidad y un 2.5 % en sprint, mientras que Lacour y Chatard (1984) determinan que el 33 % corresponde a acciones de parado o marcha, un 50% a acciones de velocidad media y un 17 % a acciones de velocidad alta. Análisis posteriores de los partidos cuantifican que el 17.1 % del tiempo total de acciones el futbolista está parado, un 40.4 % está andando, un 35.1 % realiza actividades de baja intensidad, un 5.3 % se desplaza a velocidad moderada, un 2.1 % se desplaza a velocidad alta y un 0.7 % se desplaza en sprint (Bangsbo, 1994). En una revisión realizada por Tumilty (1993) se destaca que los diferentes estudios consideran que el futbolista está andando entre el 49-63 % del tiempo, corriendo a baja velocidad entre el 33-43 %, y en sprint entre el 0.4-11.3 %.

Respecto de la *distancia recorrida a diferentes intensidades*, las distancias recorridas a ritmos medios de carrera son bastantes superiores a las descritas para ritmos muy bajos y máximos. Lacour y Chatard (1984), a partir de análisis de un número elevado de partidos establecen un rango de distancias recorridas a 3 intensidades: 1000-2000 m andando, 4000-8000 m a velocidad media y 2500-3000 m a velocidad máxima; posteriormente este mismo autor cuantificaría un volumen de 1000-2000 m recorridos a ritmo lento o trote, 4000-8000m. recorridos a velocidad media y 2500-3000 m a velocidad de sprint. También Goubert (1989) analizó la distancia total recorrida a cada intensidad, clasificando las intensidades en 4 grados, e identificando que la distancia recorrida a ritmo de marcha es de 2353m., a ritmo de carrera lenta de 2948 m, a ritmo intenso 1495 m y en sprint 757 m. Por último, Pirnay y Geude (1991) estiman que 3114 m se realizan a ritmo de marcha lenta, 3829m. a ritmo de trote, 1180 m a ritmo de carrera y 1856 m en sprint.

Se ha destacado la importancia de los desplazamientos a mediana y baja intensidad en el fútbol, pero además, algunos autores también han descrito una evolución el número de acciones explosivas que se realizan en un partido (Dufour, 1990, cuantificándose en el último Campeonato de Europa de Suecia-92, un total de 185 acciones explosivas (Moreno, 1993). Globalmente, a lo largo de los años se ha pasado de realizar una media de 70 acciones explosivas por partido (campeonato del mundo de 1954) a las 185 acciones del Campeonato de Europa Suecia-92 (Tabla-1).

Competición	Nº de Sprints
Campeonato del Mundo 1954	70
Campeonato del Mundo 1966	90
Campeonato del Mundo 1974	140
Campeonato del Mundo 1986	170
Campeonato del Mundo 1990	180
Campeonato del Europa 1992	185

Tabla-1.-Número de sprints cuantificados en diferentes competiciones internacionales (Campeonato del Mundo y de Europa) de fútbol (Adaptada de Dufour, 1990 y Moreno, 1993).

1.2.4.1.1. Metodologías para analizar la velocidad en el juego.

A partir de los años 70' se han diseñado numerosos sistemas con el objetivo de medir la velocidad de los desplazamientos y el esfuerzo en situaciones de entrenamiento y/o competición en fútbol. Estos sistemas pueden agruparse en tres grandes bloques, en función de la precisión con la que miden los desplazamientos:

1- *Sistemas de baja precisión o rudimentarios*: son de carácter cualitativo (escalas de observación), y estiman la distancia recorrida utilizando herramientas como las plantillas de observación sistemática (computerizadas o no), las grabaciones de audio en un magnetófono, etc. Desde hace tiempo, durante las propias competiciones deportivas, algunos entrenadores y/o ayudantes elaboran planillas de observación en las que categorizar el número de esfuerzos realizados por cada jugador, así como la intensidad de los mismos (Blasone, 1983). Otros utilizan casetes en los que se graba una descripción de la intensidad y el volumen de los desplazamientos, siendo analizados con posterioridad (Aguado, 1991). Estos sistemas suponen la ventaja de obtener la información de inmediato, pero el inconveniente de ser excesivamente cualitativos y poco fiables, presuponiendo una gran habilidad del observador para asignar una intensidad al desplazamiento que observa, cuantificando el número total de desplazamientos y olvidándose del tiempo de duración de cada desplazamiento, que en definitiva es el que determina la distancia total recorrida. Esto mismo se ha llevado a cabo filmando la competición y realizando el análisis con posterioridad, lo que ha permitido una toma de decisiones más sosegada, pudiendo estimar la distancia recorrida para cada tipo de esfuerzo.

Por ejemplo, en el fútbol ha sido habitual establecer un rango de intensidades que varían según los autores que se consulten (Figura-1), y que oscilan entre 3, 4 ó 5 categorías (Lacour y Chatard, 1984; Godik y Popov, 1993; Pirnay y cols., 1993); a estas intensidades se les asigna una velocidad media (por ejemplo 0-1m/s, 1-2m/s, 3-4m/s, 5-6m/s y 7-8m/s) a partir de la que se obtiene la distancia total recorrida (Reilly y Tomas, 1976; Ekblom, 1986; Ohashi y cols., 1988). Los inconvenientes de este sistema siguen siendo los mismos que en los anteriores, destacando su pobre precisión y fiabilidad; a pesar de que nunca ha sido validado con un instrumental más preciso o sofisticado, ha tenido gran trascendencia para entender lo que acontece en este deporte.

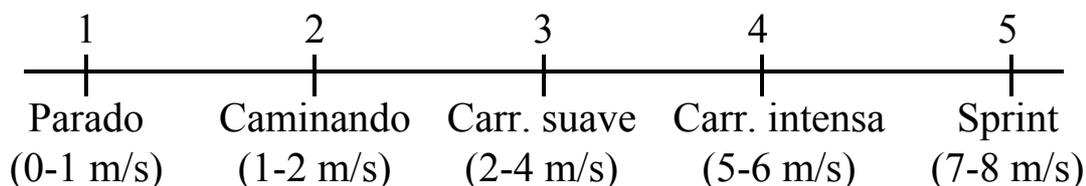


Figura-1.-Escala de valoración de 5 intensidades utilizada para valorar el volumen e intensidad de los desplazamientos durante el juego.

2- *Sistemas de precisión media*: son de carácter cuantitativo (medición del número de pasos, frecuencia cardiaca, tasa metabólica, etc.), aunque sólo son capaces de estimar la distancia recorrida por los deportistas. Utilizan como instrumentos de medición los podómetros, pulsómetros, analizadores de lactacidemia, etc., pero a efectos de la medición de la distancia recorrida, tienen un carácter semi-cuantitativo. Existiría la posibilidad de colocar un podómetro a los deportistas durante la competición, similar a los utilizados en otros ámbitos (Washburn y cols., 1989), para registrar el número de apoyos con deceleraciones superiores a un umbral. Sin embargo, además de interferir en la técnica del deportista (Aguado, 1991), se presupondría una distancia homogénea para cada apoyo, lo que no ocurre en la mayoría de los deportes. Además, aquellos desplazamientos en forma de saltos, cambios de dirección bruscos, etc. quedarían registrados como un apoyo de carrera más, subestimando la intensidad de los mismos. De otra parte, el cálculo de gasto energético de una competición obtenido a partir de las variables fisiológicas medidas en el laboratorio ha sido una estrategia muy utilizada para estimar la intensidad del esfuerzo en un deporte.

Por ejemplo, los estudios en fútbol y baloncesto son muy abundantes, estimando las intensidades de esta competición en función de los valores de frecuencia cardiaca (Figura-2) y consumo de oxígeno obtenidos durante un test de esfuerzo progresivo en laboratorio (Reilly y Thomas, 1979; Colli y Faina, 1987; Bangsbo, 1994). Esta metodología es revisada y utilizada todavía para cuantificar la carga del entrenamiento y la competición (Jiménez y cols., 1993; Castellano y cols., 1996; Nogués, 1998), aunque se tiene conciencia de que las intensidades de desplazamiento se sobreestiman en un 10-20 % durante la competición debido a factores volitivos (Bangsbo, 1994), habiéndose llegado a un estancamiento a la hora de proponer nuevas metodologías que puedan medir con mayor precisión dichas intensidades. Además, el gasto energético sólo puede ofrecer información sobre una intensidad media de los esfuerzos durante un periodo de tiempo, pero no ofrece valores a cada instante de los desplazamientos de los deportistas. Esta información resulta de vital importancia para entender el deporte, planificar el entrenamiento con coherencia y conocer el esfuerzo realizado en entrenamientos o competiciones.



Figura-2.-Frecuencia cardiaca durante un partido para valorar el volumen e intensidad de los desplazamientos durante el juego.

3-Sistemas de alta precisión: tienen por objeto cuantificar, de la forma más precisa posible, los desplazamientos del deportista, para lo que utilizan fundamentalmente las grabaciones en vídeo (analizándolas de forma manual o automática) y otros sistemas basados en tecnologías de radiofrecuencia (GPS, móviles, etc.).

Numerosos autores han sido conscientes de esta necesidad, diseñando equipos informáticos que permiten la digitalización de imágenes de vídeos para realizar un análisis 2D de los desplazamientos (Riera y Aguado, 1989). Con éstos sistemas sólo se han filmado acontecimientos deportivos en espacios reducidos, como es el caso del fútbol sala (Aguado y Lloveras, 1987), el waterpolo (Aguado y Riera, 1989) y el hockey sobre patines (Aguado, 1991). Su fundamento es transformar, mediante ecuaciones trigonométricas y calibración de un sistema de referencia fijo, las coordenadas del deportista en el campo en coordenadas reales, tomando su posición como el punto medio entre los dos pies, ya que es bastante representativo de la proyección del centro de gravedad en el plano analizado (coordenadas x-y cartesianas). Este punto se marca manualmente con una frecuencia de 3 Hz, pudiendo variarse en función de las necesidades del análisis (Riera y Aguado, 1989).

Todavía hoy se siguen desarrollando sistemas similares a los que se describieron hace ya dos décadas, y en este sentido tenemos conocimiento de la medición de desplazamientos en fútbol sala (Hernández, 2001; Barbero y Soto, 2002), fútbol hierba (Mayo y Navarro, 2002) y deportes de equipo en general (Soto, 2002). Todos ellos utilizan una metodología similar a la de Riera y Aguado (1989), con el marcaje manual del punto medio entre los pies y la calibración espacial, introduciendo como única novedad la utilización de dos cámaras sincronizadas, una para cada parcela del espacio de juego, reduciendo así el campo de filmación y aumentando la precisión en

la digitalización manual de las imágenes, que son más grandes y claras (Barbero y Soto, 2002; Soto, 2002).

Los inconvenientes de todos estos sistemas van ligados a la gran cantidad de trabajo que conlleva digitalizar manualmente un acontecimiento de duración superior a los 40 minutos, con una frecuencia de análisis que oscila entre los 2 Hz (Mayo y Navarro, 2002) y los 10 Hz (Barbero y Soto, 2002 a), lo que significa digitalizar un total de 4800-24000 imágenes por deportista. Si se aumenta la frecuencia de digitalización, el análisis se hace muy lento y costoso, por lo que la tendencia es a disminuirla. No obstante, aunque se utilicen 10 Hz, la baja precisión del sistema provoca que la obtención de variables derivadas como la velocidad o la aceleración sea poco fiable, sin olvidar que se ha despreciado una dirección de desplazamiento en el espacio (coordenada z cartesiana o desplazamiento vertical). En este sentido, algunos de estos autores han comentado la imposibilidad de tener en cuenta los desplazamientos en forma de saltos, cambios de dirección bruscos, etc., ya que, o bien se realizan fundamentalmente en sentido vertical, o bien la posición de los pies no está determinada claramente en el suelo (Hernández, 2001).

En la Figura-3 se representan los resultados de una digitalización en 2D llevada a cabo en fútbol, resaltando las zonas del campo más frecuentadas por el jugador (1), los recorridos realizados por éste a lo largo del partido (2), la distancia y velocidad media (4) así como la distancia recorrida a 4 diferentes intensidades (5) en la primera parte, segunda parte y total del partido.

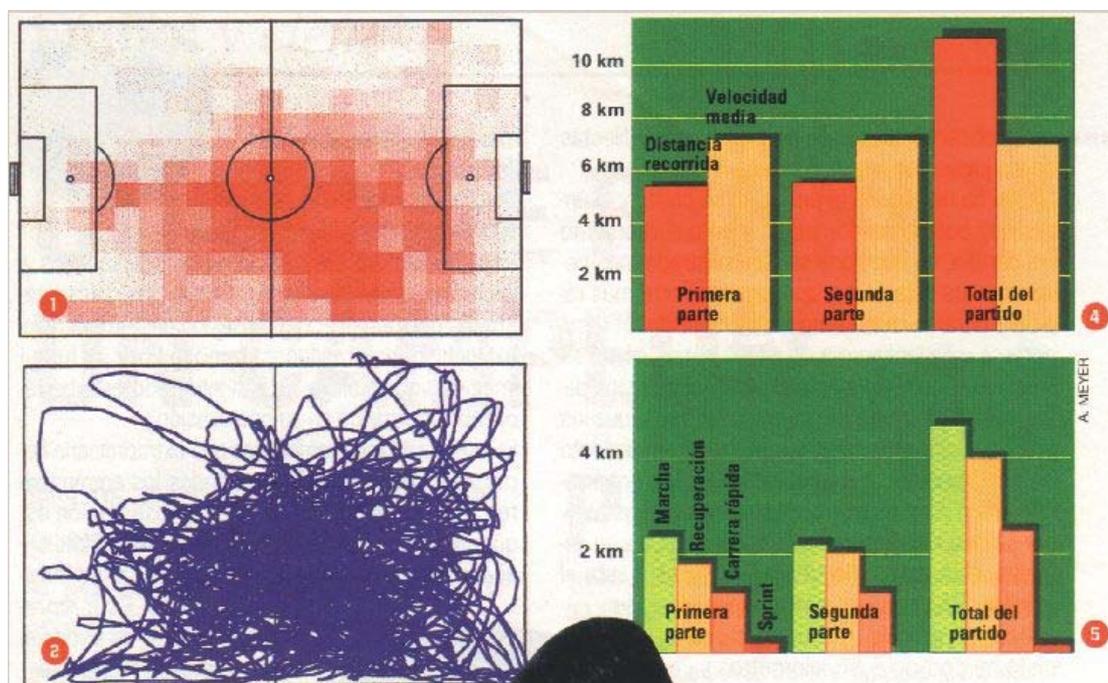


Figura-3.-Digitalización manual de imágenes en 2D para valorar el volumen e intensidad de los desplazamientos durante el juego (Penel y Traversian, 1998): Zonas del campo más frecuentadas por el jugador (1). Trayectorias recorridas durante el partido (2). Velocidades y distancias medias en las distintas fases del partido (4). Distancias recorridas a diferentes intensidades (5).

Una posible solución a los problemas que se han comentado se planteó con motivo del Mundial de Fútbol Francia-98 (Penel y Traversian, 1998), diseñando un sistema de digitalización automática 2D (Amisco System) que permitiría el seguimiento simultáneo de los 22 jugadores de un partido utilizando 4 cámaras de vídeo sincronizadas que capturaban la imagen a un ordenador, para posteriormente ser tratada con un software específico sensible a luz reflejada por las camisetas de los jugadores (Figura-4). Previamente se debía calibrar el espacio de juego, y a continuación marcar la posición de los 22 deportistas que serían seguidos automáticamente por el programa de ordenador, obteniéndose las coordenadas bidimensionales de los desplazamientos con una frecuencia de muestreo de 25Hz. Los inconvenientes relativos a la baja frecuencia de muestreo y la obtención de variables derivadas (velocidad y aceleración) son comunes a los que ya se han comentado, pero a esto se añade la imposibilidad del software para distinguir entre los jugadores de un mismo equipo cuando se cruzan en el espacio o desaparecen de la imagen (saliéndose fuera del terreno de juego). Por ello, no existe ninguna evidencia de la posterior utilización científica de este sistema, que ha quedado relegado a su oferta comercial por parte de algunas empresas (Sport Universal, 2002).



Figura-4.-Digitalización automática de imágenes en 2D mediante el Amisco System para valorar el volumen e intensidad de los desplazamientos durante el juego (Sport Universal, 2002).

1.2.4.1.2. El GPS como alternativa de futuro para medir la velocidad de desplazamiento en entrenamiento y competición.

En los últimos años diversos investigadores han intentando cuantificar la velocidad de los desplazamientos de los deportistas en situaciones reales de competición con una mayor precisión. Para ello han utilizado la tecnología del GPS (Global Position System) o posicionamiento por satélite (Schutz y Chambaz, 1997) y del GPS diferencial o DGPS (Schutz y Henren, 2000). El sistema GPS proporciona información de los desplazamientos por todo el mundo utilizando un receptor. Este puede ser incorporado al deportista para calcular, a partir de la frecuencia de emisión del mensaje y el tiempo que tarda en llegar hasta los satélites (Figura-5), la posición en 3D con un error de 10 m, para lo que son suficientes 4 de los 24 satélites disponibles (Terrier y cols., 2000). El sistema DGPS consiste en una estación de

referencia de GPS fijo y un receptor GPS en movimiento. En principio, la precisión espacial máxima del GPS sería de 10 m, mientras que la del DGPS puede llegar a valores menores de 5 cm. La precisión temporal de estos equipos sigue siendo el mayor reto, llegando, en los últimos años, a frecuencias de 50 a 100 Hz (Terrier y Schutz, 2003).

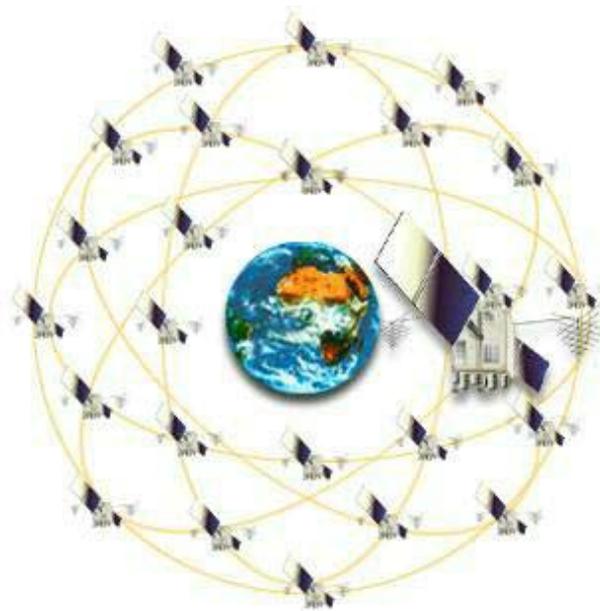


Figura-5.-Conjunto de satélites que dan cobertura a la tecnología Global Position System o GPS.

Las ventajas del GPS y DGPS son: su elevada portabilidad (pueden llegar a ser de reducido tamaño y peso), la medición no invasiva (evalúan la carga externa y no interna), la disponibilidad de medidas “on-line” que sirvan de feedback tanto para entrenadores como deportistas (velocidades de desplazamiento en partidos de entrenamiento), el acceso libre desde cualquier parte del mundo (no es necesario pagar para acceder a los satélites) y el almacenamiento de datos (con el desarrollo de software potentes capaces de guardar la posición 3D de un sujeto muchas veces por segundo).

Los inconvenientes del GPS y DGPS son: sólo se han mostrado válidos para analizar actividades de caminar y correr (no actividades o deportes con cambios de dirección), no son capaces de medir el pabellones cubiertos (interferencias en la señal), pueden encontrarse interferencias con grandes edificios cercanos a un espacio abierto, no miden actividades estáticas y dependen del acceso continuo a los satélites.

Algunos trabajos han afirmado que el GPS no puede utilizarse para un análisis preciso de los desplazamientos, ya que sólo permite una cuantificación global de las distancias recorridas (Ishii y cols., 2002). Sin embargo, esto podría mejorarse utilizando un mayor número de satélites (con 7 satélites se conseguiría mayor precisión) o un modo de DGPS (Figura-6).



Figura-6.-Modelos comerciales de GPS portátiles de baja precisión: “Timex”, integrado a un pulsómetro (izquierda) y “Suunto”, unido a un cronómetro (derecha).

Algunos estudios han comprobado la precisión en la medición de velocidad del GPS y el DGPS, obteniéndose errores de sólo 0.1Km/h (Schutz y Henren, 2000). Sin embargo, sólo midieron el desplazamiento de un sujeto 12 veces en 100m y 15 veces en 200m, tomándose como método de validación el cronometraje manual de diferentes velocidades de carrera y marcha. Aunque estos autores obtienen bajos coeficientes de variación (2%) y altos niveles de correlación ($r = 0.997$), se destaca que las distancias analizadas eran muy amplias, en línea recta, con un gran rango de velocidades (de 2.9 a 25.2 Km/h) y una baja frecuencia de muestreo del DGPS (0.5Hz), lo que dificulta su aplicación a los deportes con cambios de dirección y desplazamientos cortos, como es el caso del fútbol.

Estos problemas siguen manifestándose en otros trabajos (Terrier y cols., 2000) donde para validar el DGPS se utilizan varios sujetos que caminan por una pista de atletismo a velocidades de marcha uniformes durante 5 minutos. Comparando las mediciones con DGPS mejorado en precisión (5 Hz) y con un acelerómetro a 17Hz capaz de medir la velocidad absoluta, las distancias y velocidades de ambos sistemas durante los 5 min. tuvieron altas relaciones ($r = 0.9998$) y bajos coeficientes de variación (<1%). Sin embargo, al comparar la variación intra-sujeto paso a paso los coeficientes de variación aumentaron hasta un 45-51%. Parece bastante claro que estas modalidades de DGPS tampoco sirven para medir la posición exacta de los deportistas en intervalos de tiempo cortos, y se han empezado a utilizar en otras aplicaciones como la medición del coste metabólico, donde se requiere una precisión menor (Terrier y cols., 2001).

A pesar de estos inconvenientes, las posibilidades de estudio que ofrecen el GPS o DGPS para analizar la velocidad durante la competición en fútbol, nos hacen plantearnos una serie de perspectivas de futuro, que son las siguientes: a-Aumentar la precisión espacial, que puede conseguirse mediante el acceso a un número elevado de satélites (hasta 7), lo cual será posible con el uso de los satélites rusos (Glonass) y de los satélites del programa de la Agencia Espacial Europea (Galileo), que permitirán el acceso continuo a 7 satélites durante todo el día. b-Aumentar la precisión temporal, llegando a frecuencias de muestreo iguales o mayores de 100 Hz. c-Disminuir el tamaño del emisor GPS que lleva incorporado el deportista, hasta

conseguir que no produzca ninguna interferencia durante la competición (de tamaño similar al de una cinta de pulsómetro). d-Mejorar los software para el tratamiento de los datos, de manera que permitan tanto el almacenamiento de gran cantidad de información como su representación simplificada de manera gráfica (desplazamientos de un jugador por diferentes zonas del campo, con posibilidad de “zoom” en cualquier parte del campo y de discriminar mediante trazos de distinto color las velocidades de desplazamiento). e-Desarrollar sistemas de GPS o DGPS corto, con fundamento similar a los GPS descritos, pero que permitirán la medición de las variables espacio-temporales del desplazamiento en deportes que se desarrollen en pabellones cubiertos.

En conclusión, actualmente, los sistemas de baja, media y alta precisión no resultan lo suficientemente válidos para medir los desplazamientos y las velocidades de los deportistas (coordenadas espacio-temporales) durante el juego, ya sea en condiciones de entrenamiento o de competición. Se resalta que existe una necesidad por parte de los entrenadores y de los propios investigadores por tener acceso a un dispositivo que permita registrar los desplazamientos en todas las direcciones espaciales, con la suficiente precisión espacio-temporal (distancias de centímetros y frecuencias de muestreo mayores que las de las propias actividades deportivas, aproximadamente 100 Hz). Este dispositivo pudiera ser el GPS ó el DGPS, reduciendo su tamaño y mejorando la adquisición de los datos de forma inmediata, para incidir de manera más significativa en el propio entrenamiento. De conseguirse este objetivo en un futuro no muy lejano, surgiría un amplio campo de investigación en las ciencias del deporte en general, y en el fútbol en particular.

1.2.4.2. La velocidad como capacidad física.

La mayoría de los autores coinciden en señalar que las tres manifestaciones básicas de la velocidad son: la velocidad de reacción, la velocidad de ejecución o gestual y la velocidad de desplazamiento (Figura-7). Normalmente, durante la competición deportiva en fútbol, no se van a manifestar solas, sino bajo las siguientes combinaciones (Coque y Morante, 2002): V. Reacción + V. Gestual (Ej. Acción del portero en el lanzamiento de penalti); V. Reacción + V. Desplazamiento (Ej. Acción de un defensa para anticiparse a un atacante) y V. Reacción + V. Desplazamiento + V. Gestual (Ej. Acciones técnicas como el regate, remate a puerta, etc.); esta última es la combinación que con más frecuencia puede observarse en el fútbol.

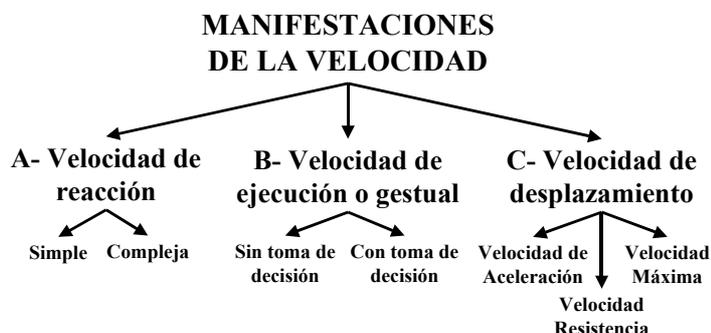


Figura-7.-Diferentes manifestaciones básicas de la velocidad.

Respecto a la *velocidad de reacción*, se conoce que las etapas sensibles para mejorarla abarcan desde la categoría competitiva de Benjamines hasta Cadetes (Figura-8). La velocidad de reacción simple tiene un marcado carácter hereditario, mayor que la velocidad de reacción compleja, a pesar de lo cual, puede entrenarse y mejorarse antes de que el Sistema Nervioso sea maduro (aproximadamente a los 14 años en chicos). Los estímulos utilizados para entrenar la velocidad de reacción pueden ser visuales, auditivos (los más rápidos) y táctiles; en el fútbol, la mayoría de los estímulos son visuales. El entrenamiento y mejora de la velocidad de reacción simple no influye en la velocidad de reacción compleja; ya que en esta última, la toma de decisión y la experiencia previa son dos factores determinantes. Sin embargo, el entrenamiento y mejora de la velocidad de reacción compleja sí influye en la velocidad de reacción simple. El inconveniente para mejorar la velocidad de reacción compleja reside en la adecuada elección de los ejercicios de entrenamiento. Por último, destacar que no existe relación alguna entre la velocidad de reacción y la velocidad de desplazamiento (Weineck, 1997; Coque y Morante, 2002).

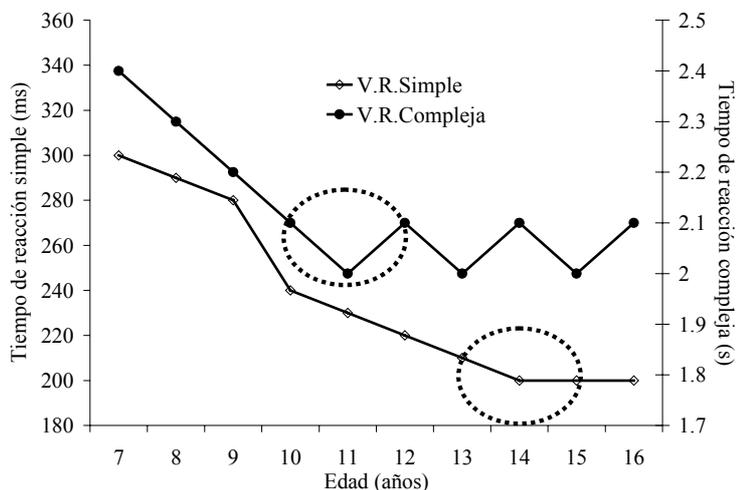


Figura-8.-Evolución con la edad (entre 7 y 16 años) de la velocidad de reacción simple (-Δ-) y compleja (-●-). Los círculos con línea discontinua indican las edades en que estas manifestaciones de la velocidad se estancan (Adaptado de Weineck, 1997).

Respecto a la *velocidad de ejecución o gestual*, se conoce que está muy relacionada con el rendimiento del futbolista, ya que la mayoría de las acciones técnicas del fútbol requieren de velocidad gestual con toma de decisión. La velocidad gestual es mayor en los futbolistas de más nivel, sobre todo, durante la realización de gestos técnicos que requieren de toma de decisión. Además, es una cualidad entrenable en futbolistas de distintos niveles, aunque las fases más sensibles para trabajarla son la categoría competitiva Alevín (10-11 años) y Cadete (14-15 años), ya que se observa un estancamiento en la categoría Infantil (12-13 años) debido al rápido crecimiento observado en los niños. Como se observa en la Figura-9 (tiempo empleado en realizar el gesto técnico del chut), el margen de mejora de la velocidad gestual con toma de decisión es mayor (pendiente más pronunciada) que el de la velocidad gestual sin toma de decisión. Además, una buena velocidad gestual sin

toma de decisión no asegura una buena velocidad gestual con toma de decisión, pero sí al contrario, por lo que el inconveniente para mejorar esta última reside en la adecuada elección de los ejercicios de entrenamiento (Weineck, 1997; Coque y Morante, 2002).

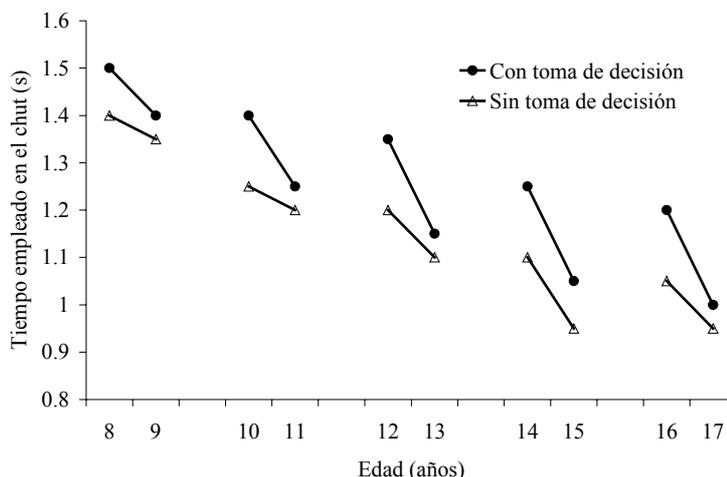


Figura-9.-Evolución con la edad (entre 8 y 17 años) de la velocidad gestual (tiempo empleado en el chut) con toma de decisión (●) y sin toma de decisión (△) (Adaptado de Weineck, 1997).

La medición y el estudio de la *velocidad de reacción* (simple o compleja) y de la *velocidad de ejecución o gestual* (con / sin toma de decisión) es una tarea que interesa fundamentalmente a disciplinas como el Aprendizaje, Desarrollo y Control Motores, la Psicología del Deporte, etc. Por el contrario, la medición y el estudio de la *velocidad de desplazamiento* (aceleración, máxima y resistencia), y su relación con la cinemática y cinética del movimiento (Nummela y cols., 1994), así como con las fuentes de producción de energía (Fox y Mathews, 1984), es una tarea que interesa a disciplinas como la Biomecánica y la Fisiología, respectivamente. Como se ha comentado en anteriores apartados, todavía resulta muy difícil monitorizar la velocidad de desplazamiento de los jugadores en un partido, o de un mismo jugador en diferentes partidos (Rico-Sanz, 1997). Por este motivo, en el ámbito de la Fisiología del Ejercicio se han diseñado diferentes tests indirectos (Peres y cols., 1988), algunos de los cuales se basan en carreras de velocidad sobre diferentes distancias como los 20m. (Smith y cols., 1992; Sevillano y cols., 2002), 30 m. (Luhtanen, 1984; Chiang y cols., 1991), 40 yardas o 36.5m (Manning y cols., 1988; Mayhew y Salm, 1990) o los 50 m (Villa y cols., 1999). Algunos de estos tests han sido relacionados con éxito con el perfil miotipológico de los sujetos que los realizan (Vuorimaa y cols., 1996), y se han mostrado sensibles para diferenciar entre deportistas de diferentes disciplinas o con diferente nivel de rendimiento (Denis y cols., 1992; Sleivert y cols., 1995; Villa y cols., 1999). En la literatura no existe un único test de velocidad de desplazamiento estándar, y a veces esto conlleva a la realización de comparaciones entre velocidades medias obtenidas en estudios que utilizan distintas metodologías (Rico-Sanz, 1997).

1.2.4.2.1. Metodologías para medir la velocidad de desplazamiento en un test de carrera.

La velocidad de desplazamiento en un test de carrera puede medirse utilizando sistemas de cronometraje manual (Portolés, 1994); sistemas de fotogrametría 2D compuestos por una o más cámaras de vídeo, que a su vez pueden ser de baja o alta velocidad (Arakawa, 1992; Gajer y Chantal, 1999); así como sistemas de fotocélulas de diferentes características (Yeadon y cols., 1999; García y cols., 2002a). Estos últimos son los más utilizados en el ámbito de la valoración funcional del deportista, debido a que aportan mayor precisión, fiabilidad y validez que el cronometraje manual, sobre todo a la hora de valorar la velocidad en tramos de carrera cortos, y a que disminuyen el tiempo de procesamiento de los resultados, cuando son comparados con la fotogrametría 2D.

Los sistemas de fotocélulas han sido ampliamente utilizados para medir la velocidad en diferentes actividades deportivas: golf, fútbol, triple salto, salto de longitud, etc. (Richards y cols., 1985; Villa y cols., 1999; Hay, 1992). Estos sistemas constan de unos emisores de luz infrarroja o láser que se proyectan sobre unos receptores fotosensibles al tipo de luz utilizada; los receptores pueden colocarse en la misma unidad (siendo la luz devuelta por un reflectante) o enfrentados (separados respecto al emisor). Algunos autores han clasificado los tipos de fotocélulas en “láser” y “reflex”, en función de los criterios expresados (Brizuela, 1996).

La velocidad media se obtiene a partir de la distancia de separación entre dos parejas emisor-receptor y el tiempo cronometrado por el sistema. Para medir este tiempo se utiliza un cronómetro que se activa sucesivamente en el momento que se interrumpe la llegada de luz a los receptores. Esta señal puede ser transmitida a la unidad central de cronometraje bien por medio de cableado o bien mediante un sistema telemétrico. La mayoría de los sistemas utilizan la transmisión por cable (Luthanen, 1984; AFR, 2002).

No existe ningún tipo de error al medir la velocidad con fotocélulas si se trata de un sólido rígido, como es el caso de las pelotas de golf, bolas de peso, etc., pero sí cuando se trata de un sistema articulado, como es el hombre en movimiento durante una carrera. Si un sujeto interrumpe el haz con el brazo y el siguiente con el torso, se puede introducir un error considerable, ya que el torso puede colocarse 20-30cm detrás del brazo, y en el siguiente par de fotocélulas esta situación puede variar. La solución adoptada por algunos autores ha sido diseñar fotocélulas de doble haz, uno colocado a la altura de la cadera y el otro 20cm por encima, cronometrando a partir de la interrupción de ambos haces, y afirmando que este sistema es más válido cuando se compara con un sistema de fotogrametría 3D (Yeadon y cols., 1999).

Aunque las fotocélulas se utilizan para estimar la velocidad de carrera (Villa y cols., 1999; Ferro y cols., 1996), existe poca información sobre la validación del propio sistema de cronometraje, así como de que la velocidad media obtenida por fotocélulas sea representativa de la velocidad media del centro de gravedad. En este

sentido, las principales críticas a los sistemas de fotocélulas aluden a que en algunas condiciones, como pudiera ser la carrera de aceleración, no sirven para estimar la velocidad del centro de gravedad (Yeadon y cols., 1999), así como que utilizan frecuencias de muestreo muy bajas ($< 100\text{Hz}$), insuficientes para analizar algunos gestos deportivos (Viitasalo y cols., 1997).

En el Laboratorio de Biomecánica de la FCAFD de la Universidad de León, en colaboración con la empresa Desarrollo de Software Deportivo (DSD, 2001) se ha diseñado un sistema de fotocélulas láser de doble haz (DSD Láser System) que emiten la información teleméricamente a un ordenador (Figura-10). El DSD Láser System de doble haz ha sido validado para una precisión de 500 Hz ó 0.002 s , tomando como referencia una cámara de alta velocidad de la misma frecuencia de medición (García y cols., 2002a). Este sistema también ha demostrado ser más fiable que un sistema de fotocélulas de haz sencillo, sobre todo en tests que pretendan determinar la velocidad de desplazamiento máxima del deportista (García y cols., 2002b).

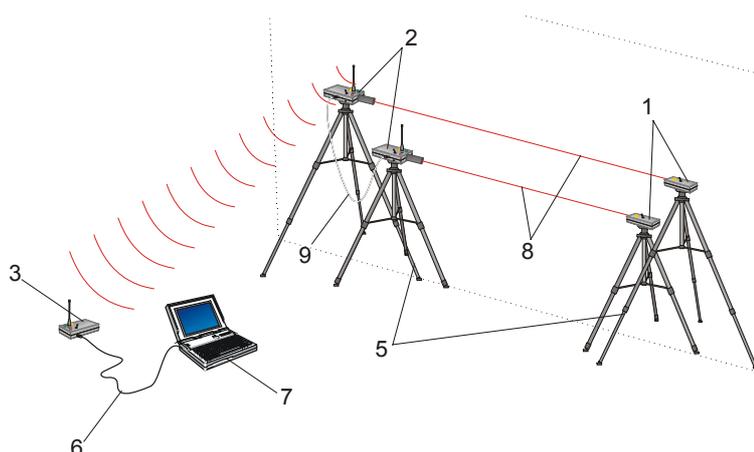


Figura-10.- Sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser DSD Láser System: emisores (1) y receptores (2) de luz láser (8), receptor central de la señal telemétrica (3), trípodes (5), cable de conexión (6) al ordenador personal (7), y cable de conexión entre los dos pares de fotocélulas (9).

Desde hace tiempo, Dyas y Kerwin (1995) aconsejaron que cuando se utiliza un sistema de fotocélulas de un solo haz de luz para determinar la velocidad de desplazamiento de los deportistas, éstas deben montarse a una altura en la que sólo una parte del cuerpo rompe el haz, por lo que recomendaron que fuese la altura de la cabeza o de la cadera. Para que la medición de la velocidad sea fiable, la posición de la cabeza o de la cadera en el momento de cortar el haz de la primera fotocélula debe ser igual a la del momento de corte de la segunda fotocélula. Yeadon y cols. (1999) afirmaron que esto sólo ocurriría si el primer haz se colocaba en la misma fase de la zancada que el segundo, lo que es realmente difícil para la mayoría de las situaciones; por ello propusieron un sistema de doble haz similar al presentado en en la Figura-10, que validaron para un rango de separación de las parejas de fotocélulas entre $1.6\text{-}2.4\text{ m}$ y de velocidad de desplazamiento entre $6\text{-}9\text{ m/s}$. Por lo tanto al medir con un sistema de haz simple carreras de aceleración, se subestimaré la velocidad

real del deportista, ya que el corte del primer haz de luz se producirá con el cuerpo inclinado hacia delante, mientras que el segundo haz de luz se cortará con el cuerpo más erguido, lo que provocará una sobreestimación del tiempo empleado en recorrer la distancia fijada. Además, la variabilidad en estas posiciones inicial y final será la responsable de un error aleatorio durante las mediciones. Este error ha sido cuantificado en 1.8 %, 1.6 % y 1.3 % para carreras de aceleración de 5, 10 y 15 m, respectivamente (García y cols., 2002b).

Una estrategia para minimizar la variabilidad en la medición de la velocidad de desplazamiento con fotocélulas es aumentar la distancia de carrera, en tanto que se disminuye el error relativo (Yeadon y cols., 1999). Obviando esta consideración, algunos autores siguen utilizando carreras de corta distancia (entre 5 y 15m) combinadas con sistemas de fotocélulas de haz simple. En la Tabla-2 se presentan una serie de estudios que utilizaron los tiempos de la carrera de aceleración sobre diferentes distancias para valorar los efectos de la suplementación con ayudas ergogénicas (creatina e hidratos de carbono) o de un entrenamiento (pretemporada de fútbol y electroestimulación neuromuscular) en la velocidad de desplazamiento de diferentes tipos de deportistas (balonmano, velocidad y fútbol) y estudiantes de educación física. Estos trabajos se han ordenado en función de la distancia empleada para valorar la velocidad de aceleración, y que oscila entre 5 y 20 m.

Autor/es del estudio	Sujetos / actividad	Distancia empleada	Objetivo del estudio	Pre-test / Mejora	Modelo/altura fotocélulas
Izquierdo y cols. (2.002)	N = 19 Balonmano	5 m	Influencia de la creatina	Media= 1.05 s Mejora= 1.9 %	Newtest Oy Altura 0.40 m
Mujika y cols. (2.000)	N = 19 Futbolistas	5 y 15 m	Influencia de la creatina	Medias= 0.97-2.32s Mejora= 1.3-2.1 %	Newtest Oy Altura 0.40 m
Mendoza y col. (1.993)	N = 8 Velocistas	10 m	Feedebck biomecánico	Media= 1.94 s Mejora= 1.5 %	Lumiflex, RLW No indican altura
Nicholas y cols. (2.000)	N = 7 Futbolistas	15 m	Influencia de carbohidratos	Media= 2.42 s Mejora= 0.4 %	RS Components No indican altura
Ralph y cols. (2002)	N = 10 Futbolistas	20 m	Influencia de carbohidratos	Media= 3.66 s Mejora= 1.1 %	Remite a un estudio anterior
Cox y cols. (2002)	N = 12 Futbolistas	20 m	Influencia de la creatina	Media= 3.75 s Mejora= 1.6 %	Swift Perform. No indica altura
García y cols. (2001)	N = 38 Futbolistas	20 m	Influencia de pretemporada	Media= 2.87 s Mejora= 4.2 %	AFR System Altura del pecho
Sevillano y cols. (2002)	N = 79 Futbolistas	20 m	Influencia de pretemporada	Media= 3.12 s Mejora= 3.2 %	AFR System Altura del pecho
Herrero y cols. (2001)	N = 10 Estudiantes	20 m	Infl. Electroestimulación	Media= 2.94 s Mejora= 3.1 %	AFR System Altura del pecho

Tabla-2.-Diferentes estudios que utilizan la carrera de velocidad para valorar la influencia del entrenamiento o la suplementación biológica en la capacidad de aceleración de los sujetos.

En los primeros cuatro estudios (Izquierdo y cols., 2002; Mújika y cols., 2000; Mendoza y col., 1993; Nicholas y cols., 2000) las mejoras de los tiempos medios respecto al pretest oscilaron entre 0.4-1.9 % para distancias entre 5-15 m, lo que significa que los beneficios buscados no eran superiores al error relativo que se comete en la medición cuando se utilizan fotocélulas (entre 1.3-1.8 %). En la distancia de 20 m, las mejoras oscilaron entre 1.1-4.2 %, lo que significa que, con bastante probabilidad, los beneficios fueron mayores que el error relativo. Por lo tanto, se debieron a la suplementación con creatina (Ralph y cols., 2002), al entrenamiento de pretemporada (García y cols., 2001; Sevillano y cols., 2002) o a la influencia del entrenamiento con electroestimulación neuromuscular (Herrero y cols., 2001). Nuestra experiencia al medir tiempos en distancias menores de 20 m (García y cols., 1999) nos hace pensar que es muy difícil reproducir los valores obtenidos cuando se trata de una carrera de aceleración medida con haz simple. En los estudios que hemos llevado a cabo con futbolistas se obtienen pequeños errores relativos (menores del 1%) cuando se miden distancias más largas como son 20 y 50m (Villa y cols., 1999).

En la Tabla-2 también puede observarse la diferencia de criterios a la hora de seleccionar la altura de las fotocélulas. En dos trabajos que utilizan sistemas de haz simple las fotocélulas son situadas a 0.40 m del suelo (Mujika y cols., 2000; Izquierdo y cols., 2002); otros dos trabajos no indican la altura a la que son colocadas (Mendoza y col., 1993; Nicholas y cols., 2000), mientras que en nuestros trabajos siempre hemos utilizado la altura del pecho (García y cols., 2001; Herrero y cols., 2001; Sevillano y cols., 2002), lo que equivale viene a ser aproximadamente 1.20 m, dependiendo de la muestra a valorar. Teniendo en cuenta las recomendaciones de Yeadon y cols. (1999), se debería utilizar la altura de la cadera de un hombre estándar (Phantom), que sería de unos 0.85 m; sin embargo, estos autores no midieron carreras de aceleración, donde en la salida se desciende la altura del centro de gravedad, pudiendo cortar la primera barrera con el brazo en vez de con la cadera.

Es complejo encontrar una posición de salida estandarizada, a la vez que natural, en jugadores de fútbol, ya que las posiciones de partida durante la competición son bastante heterogéneas. En los trabajos consultados no se suele utilizar un criterio común en la colocación de los sujetos en la salida, lo que supone una dificultad a la hora de comparar los resultados obtenidos y de garantizar la fiabilidad de la medición. Nosotros hemos probado diferentes posiciones de salida como: tres extremidades apoyadas en el suelo, un brazo tocando la línea de salida y las dos piernas colocadas detrás de él (Figura-11); los dos pies paralelos pisando la línea de salida, inclinando el tronco ligeramente hacia delante y debiendo realizar el primer apoyo delante de la línea de salida; etc. Después de probar varias opciones, nos hemos decantado porque los sujetos pisen con toda la planta del pie inmediatamente detrás de la línea de salida, utilizando el pie que prefieran, y sin despegarlo en ningún momento, pero dejando libertad en la colocación del otro pie y los movimientos de brazos y tronco (Figura-11).



Figura-11.-Salidas estandarizadas durante la carrera de aceleración: tres extremidades apoyadas en el suelo (izquierda) y planta de pie inmediatamente antes de la línea de salida (derecha).

A modo de conclusión, y basándonos en las recomendaciones de Yeadon y cols. (1999), así como en nuestros propios estudios (García y cols., 2002a y 2002b), podemos afirmar lo siguiente sobre la metodología a seguir para valorar la velocidad de desplazamiento en un test de carrera:

- Los materiales utilizados deben ser sistemas de fotocélulas, preferiblemente de doble haz (si no se dispone de éstos, de haz simple). Es importante asegurarse de que las fotocélulas han seguido un proceso de validación científica.
- Para medir la velocidad de aceleración se aconseja utilizar distancias, como mínimo, de 20 m. En el caso de no disponer de un sistema de haz doble, para medir velocidad máxima y velocidad resistencia se deben seleccionar tramos de carrera de 20 m tras una fase de aceleración, ya que tramos más cortos (10 m) introducen un error relativo superior al 2 % (2.75 % según los estudios de García y cols., 2002b) en mediciones repetidas de un mismo sujeto.
- Utilizando un sistema de haz doble las fotocélulas deben ser colocadas a la altura de la cadera y del hombro, mientras que utilizando un sistema de haz simple deben ser colocadas a la altura del pecho. Cuando se quiere llevar a cabo una medición sucesiva de varios sujetos sin variar la altura de las fotocélulas (tal y como es el caso de los tests de campo en fútbol), utilizando el haz doble se obtiene una buena fiabilidad con las fotocélulas situadas a 0.86 y 1.39 m de altura; y utilizando el haz simple también se obtiene buena fiabilidad con las fotocélulas a 1.21 m. Estas medidas pueden variarse tomando como referencia la talla de los sujetos a evaluar, obteniendo a partir de ella la altura trocánterea, acromial y supraesternal, respectivamente (Esparza, 1993).
- La estandarización de la salida es importante de cara a que todos los sujetos realicen la carrera en las mismas condiciones. Sin embargo, la posición de salida debe ser natural y no artificial. Por este motivo, tras probar varias opciones, nos decantamos por colocar una línea de salida 1 m antes de la primera barrera de fotocélulas, exigiendo a los sujetos que pisen con toda la planta del pie inmediatamente detrás dicha línea. Para ello pueden utilizar el pie que prefieran, y no deben despegarlo en ningún momento durante la realización de movimientos previos a la salida. La colocación del otro pie es libre, y los movimientos de brazos y tronco también.

1.2.4.2.2. La velocidad de desplazamiento en fútbol: influencia de la edad, el entrenamiento de pretemporada, el nivel competitivo y la posición en el campo.

La *influencia de la edad* en la velocidad de desplazamiento en fútbol ha sido recientemente estudiada por un grupo de investigación francés (Le Gall y cols., 2002) en el Centro de Tecnificación Nacional Fernand Sastre de Clairefontaine. Estos autores han llevado a cabo un seguimiento longitudinal durante 5 años de la velocidad de aceleración y máxima en un grupo de 50 futbolistas de 11, 12 y 13 años. Al finalizar este periodo de tiempo el número total de valoraciones fue de 328, distribuidas en las edades óseas de 11 a 18 años, tal y como se indica en la Tabla-3.

Edad ósea	n	0-20 m (s)	20-40 m (s)	0-40 m (s)
11	10	3.44±0.06	2.75±0.05	6.19±0.23
12	32	3.41±0.05	2.66±0.04	6.07±0.18
13	66	3.36±0.04	2.61±0.03	5.97±0.15
14	93	3.25±0.03	2.50±0.02	5.75±0.11
15	42	3.21±0.04	2.45±0.03	5.66±0.15
16	21	3.15±0.07	2.37±0.05	5.52±0.24
17	44	3.12±0.04	2.36±0.03	5.48±0.14
18	20	3.12±0.05	2.36±0.04	5.48±0.18

Tabla-3.- Valores medios y errores estándar de los diferentes tiempos intermedios (0-20 m y 20-40 m) en un test de carrera de 40 m (0-40 m). Los futbolistas evaluados (n= 328) fueron distribuidos en función de la edad ósea (11-18 años), y pertenecían al Centro de Tecnificación Nacional Fernand Sastre de Clairefontaine, Francia. (Adaptado de Le Gall y cols., 2002).

En la Tabla-3 se observa una disminución importante de todos los tiempos de carrera entre los 11 y los 16 años, edad a partir de la cual tienden a estabilizarse. En este rango de edad los autores describen un incremento de 2.29 veces en la potencia anaeróbica, obtenida mediante una ecuación que incluye el incremento de energía cinética en el tiempo empleado en los últimos 10 m. Para Le Gall y cols. (2002), la transformación morfológica que se lleva a cabo en la pubertad tiene una influencia directa sobre los parámetros fisiológicos. Otros autores han descrito un rápido incremento en la talla y el peso corporal en la pubertad, afirmando que se trata de una etapa bastante sensible al entrenamiento (Benezis y cols., 1986; Weineck, 1997).

No obstante, las mejoras en velocidad de aceleración y velocidad máxima también pueden explicarse desde un punto de vista biomecánico. En primer lugar, se produce un incremento en la longitud de la extremidad inferior de 8.3 cm entre los 13 y los 18 años, aumentando así la altura del centro de gravedad; valores comparables a los descritos por otros autores. En segundo lugar, se produce un aumento de la fuerza muscular con el crecimiento, tanto en la extremidad inferior como en la superior, lo que ha sido refrendado en diferentes estudios con jóvenes no deportistas de 12 a 17 años (dinamómetros isocinéticos), e incluso 506 jóvenes futbolistas de 8 a 18 años (bicicleta ergométrica). Según el análisis estadístico de Le Gall y cols. (2002), el

aumento de la masa magra es el factor que más explica o predice en la ganancia de fuerza y potencia a estas edades. En tercer lugar, también se produce una mejora en la técnica de carrera, que abarca desde la frecuencia y longitud de zancada hasta la coordinación de la extremidad inferior, tronco y extremidad superior. Es el parámetro más difícil de evaluar, y sólo podría llevarse a cabo con un análisis fotogramétrico. Se acepta que la coordinación del gesto de carrera suele adquirirse alrededor de los 10-11 años, con una perturbación al comienzo de la pubertad debido al crecimiento morfológico; de manera empírica, parece que pocos jugadores de fútbol modificarán sustancialmente esta técnica a lo largo de la pubertad (Le Gall y cols., 2002).

Al comparar la evolución de la velocidad de aceleración y la velocidad máxima (Figura-12) tomando como referencia los resultados de Le Gall y cols. (2002), se observa que la única diferencia se encuentra en el paso de los 11 a los 12 años, donde mejora más la velocidad máxima que la velocidad de aceleración. A partir de estas edades, ambas manifestaciones de la velocidad aumentan de forma paralela hasta los 16 años, donde se estabilizan. Una posible explicación a estas diferencias puede ser que el factor crecimiento de la extremidad inferior afectase más a la velocidad máxima que a la velocidad de aceleración, ya que en esta última parece haber una influencia más clara de la fuerza muscular (Vittori, 1990), que no se incrementa demasiado en las edades de 11 a 12 años.

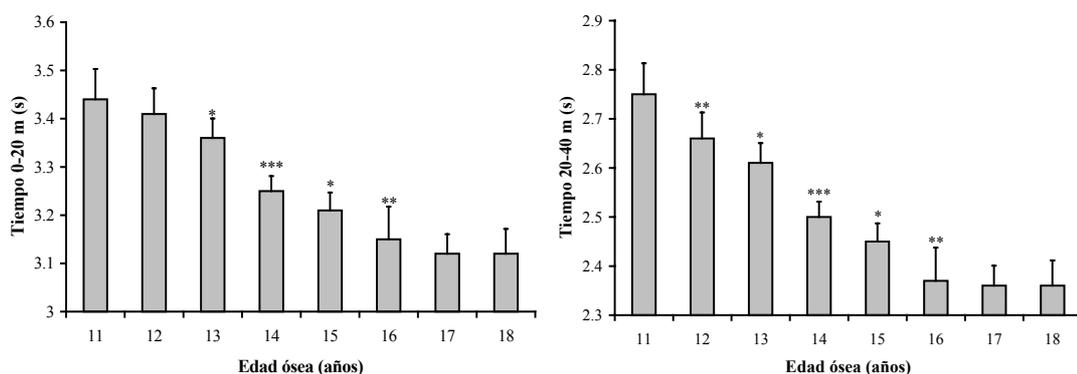


Figura-12.- Medias y errores estándar de los tiempos empleados en recorrer 0-20 m (izquierda) y 20-40 m (derecha) en función de la edad ósea. * Diferencias significativas con la categoría de edad anterior: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$ y *** = $p < 0.001$. (Adaptado de Le Gall y cols., 2002).

La *influencia del entrenamiento de pretemporada* en la velocidad de desplazamiento en fútbol ha sido estudiada por nuestro grupo de investigación en dos trabajos: uno de ellos se llevó a cabo en la Unión Deportiva Salamanca S.A.D (Villa y cols., 1999; García y cols., 2001), valorando los efectos de una pretemporada o periodo preparatorio específico en fútbol en la velocidad del Primer Equipo (1ª División Nacional) y del Segundo Equipo o Filial (3ª División Nacional); el segundo se llevó a cabo en la Cultural y Deportiva Leonesa S.A.D. (Sevillano y cols., 2002), valorando los efectos de una pretemporada en la velocidad del Primer Equipo (2ª División B Nacional), Equipo Filial (3ª División), Equipo Juvenil (División Juvenil Nacional) y Equipo Cadete (División Cadete Nacional). A continuación se resumen los principales resultados y conclusiones de los trabajos mencionados.

En el primero de los trabajos mencionados (Villa y cols., 1999; García y cols., 2001), los futbolistas de la Unión Deportiva Salamanca S.A.D. (n= 20 de 1ª División y 18 de 3ª División) fueron evaluados mediante un test de carrera a la máxima velocidad de 50 m durante la primera semana de pretemporada y la segunda semana de inicio de la temporada, con lo que el tiempo total transcurrido fue de 8 semanas. Los test se realizaron el mismo día de la semana (el martes los profesionales y el miércoles los amateurs) y tras una jornada de descanso, alejados en todo caso un mínimo de 48 horas de la competición. Los contenidos de entrenamiento de la pretemporada no fueron controlados, ya que éstos dependen en gran medida de la orientación y organización que de los mismos lleva a cabo cada preparador físico. Lo que sí aseguran estas dos evaluaciones (inicio de entrenamiento e inicio de competición) es que los equipos habían llevado a cabo su periodo preparatorio con la intención de obtener una condición física óptima para competir.

Como se observa en la Tabla-4, el entrenamiento de pretemporada en el Primer Equipo supuso mejoras significativas de 0.11 s en el parcial 0-20 m, 0.14 s en 0-40 m y 0.15 s en 0-50 m; no existieron mejoras significativas en el parcial 20-40 m (disminuye 0.03 s) ni en la velocidad máxima (aumenta 0.13 m/seg). Además, las mejoras en los parciales 0-40 m y 0-50 m se deben principalmente a la disminución en el tiempo de carrera en 0-20 m. Un comportamiento bastante similar se observa en los efectos del entrenamiento de pretemporada en el Segundo Equipo, donde la velocidad máxima (aumenta 0.02 m/s) y el tiempo en el parcial 20-40 m (permanece invariable) apenas se modifican.

Primer Equipo	Pretemporada	Temporada	Cambios (%)	Dif.
T 0-20 m (s)	2.85±0.03	2.74±0.02	3.9	**
T 20-40 m (s)	2.34±0.02	2.31±0.02	0.8	ns
T 0-40 m (s)	5.19±0.05	5.05±0.04	2.7	*
T 0-50 m (s)	6.37±0.06	6.22±0.06	2.4	*
V Máx. (m/s)	8.67±0.09	8.80±0.11	1.5	ns
Segundo Equipo	Pretemporada	Temporada	Cambio (%)	Dif.
T 0-20 m (s)	2.89±0.02	2.75±0.02	4.9	***
T 20-40 m (s)	2.33±0.02	2.33±0.02	0.0	ns
T 0-40 m (s)	5.22±0.04	5.08±0.03	2.7	**
T 0-50 m (s)	6.41±0.05	6.27±0.03	2.1	*
V Máx. (m/s)	8.61±0.07	8.63±0.07	0.2	ns

Tabla-4.- Valores medios y errores estándar de los test de Pretemporada y Temporada en futbolistas del Primer Equipo (1ª División Nacional) y Segundo Equipo (3ª División Nacional) de la Unión Deportiva Salamanca S.A.D. Análisis de los cambios porcentuales (%) pretemporada-temporada. Tiempos intermedios en el test de 50 m: T 0-20 m; T 20-40 m; T 0-40 m y T 0-50 m. Velocidad máxima alcanzada por cada jugador (V Máx.). Niveles de significación de las diferencias (Dif.): ns = no significativa; * = p<0.05 ; ** = p<0.01; *** = p<0.001. (Adaptado de Villa y cols., 1999).

El análisis de estos resultados nos permite afirmar que el entrenamiento específico de pretemporada produjo mejoras en la velocidad de aceleración, pero no así en la velocidad máxima. El hecho de que dos equipos mejorasen específicamente en el parcial 0-20 m pudiera estar justificado por la especificidad de este test, que ya ha sido resaltada en anteriores apartados, y que viene condicionada porque la mayoría de los sprints realizados durante un partido de fútbol son de 8 a 13 m (Bangsbo, 1994). Por su parte, la velocidad máxima obtenida en otros estudios con futbolistas profesionales se encuentra en un rango entre los 8.3 (Luthanen, 1984) y los 8.5 m/s (Bosco, 1991; Rico-Sanz, 1997), similar a la registrada tanto en futbolistas profesionales como amateurs (8.8 y 8.6 m/s, respectivamente).

Teniendo en cuenta los diferentes tiempos intermedios en la carrera de 50 m, el futbolista se puede describir en un perfil intermedio de velocidad respecto a los descritos en disciplinas “de potencia” (saltos atléticos, carreras de velocidad, voleibol, etc.) y “de resistencia” (pruebas de fondo, ciclismo en ruta, etc.), lo que permite identificarlo como un deportista discretamente veloz, sin valores muy elevados en dicha cualidad. Los valores de velocidad máxima obtenidos son inferiores a los 10-11m/s constatados para algunas disciplinas de potencia (100 m lisos, salto de longitud y el salto con pértiga), y también son conseguidos a los 20-30 m (amateurs) o a los 30-40 m (profesionales), mucho antes que en las citadas disciplinas (velocidad máxima a los 50-60 m). Ello puede ser debido a la poca especificidad de carreras tan largas, o una mala técnica de carrera del futbolista en distancias de 50-60 m, tipo de acción a la que el futbolista no está acostumbrado (Villa y cols., 1999; García y cols., 2001). Paralelamente, se pudo constatar que no existían diferencias significativas entre jugadores profesionales y amateurs ni en la velocidad de desplazamiento ni en la fuerza explosiva valorada mediante la batería de saltos verticales de Bosco. Sólo se encontraron pequeñas diferencias puntuales en el momento en que los futbolistas alcanzaron su velocidad máxima (a partir de los 20 m en amateurs y de los 30 m en profesionales) y en la capacidad de mantener dicha velocidad. Una hipótesis que se barajó fue que la “velocidad resistencia” pudiera ser indicativa del nivel competitivo de los futbolistas analizados (Cuadrado, 1996); sin embargo, existen todavía serias dudas al respecto.

En el segundo de los trabajos mencionados (Sevillano y cols., 2002), los futbolistas de la Cultural y Deportiva Leonesa S.A.D. fueron evaluados mediante un test de carrera a la máxima velocidad de 20 m: Cadete (n=19); Juvenil (n=22); Filial (n=19) y Primer Equipo (n=19). Al margen del test de valoración, se siguió una metodología muy similar a la del anterior estudio, llevando a cabo la primera evaluación durante la primera semana de pretemporada y la segunda evaluación al inicio de la temporada (a las 2 semanas de competición). Los contenidos de entrenamiento pudieron ser controlados únicamente en el primer equipo, tomando como referencia los tests iniciales.

En la Figura-13 se presentan los valores del test de velocidad de desplazamiento (tiempo empleado en recorrer 20m) de todas las categorías. En pretemporada sólo se encuentran diferencias significativas en el paso de la categoría cadete a la juvenil, mientras que en la temporada existen diferencias bien marcadas entre todos los

equipos. Todos ellos mejoraron esta cualidad, y en mayor medida el primer equipo en relación al resto.

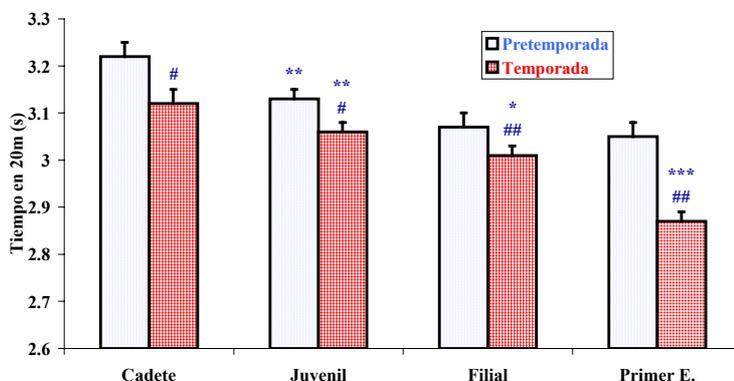


Figura-13.-Valores medios y errores estándar del test de 20 m en las 4 categorías en pretemporada y temporada. Diferencias entre las categorías y modificaciones con el trabajo de pretemporada. *= diferencia significativa con la categoría anterior (* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$). # = mejora significativa con el entrenamiento de pretemporada (# = $p < 0.05$; ## = $p < 0.01$; ### = $p < 0.001$).

Las diferencias entre la categoría cadete y juvenil pueden tener como justificación el incremento en peso corporal y la sensibilidad al entrenamiento de estas etapas que ya han sido resaltados en párrafos anteriores (Benezis y cols., 1986; Weineck, 1997). No haber encontrado dichas diferencias entre las demás categorías refuerza los resultados obtenidos en los trabajos anteriores que compararon el perfil de fuerza explosiva y velocidad en jugadores de niveles profesional y amateur (Villa y cols., 1999; García y cols., 2001). Además, los valores en el test de 20m una vez finalizada la pretemporada de los equipos filial y profesional son mayores que los referidos dichos estudios (9.5 y 4.4%, respectivamente), lo que puede ser explicado en parte por la dificultad para estandarizar la salida: en la presente investigación se obligó a los futbolistas a no despegar el pie de la línea de salida, con lo que ellos no pudieron obtener ganancias en tiempo debidas al balanceo del cuerpo y la consiguiente inercia en el primer apoyo. Sin embargo, la otra parte de las diferencias encontradas tiene su justificación en que esta cualidad debía mejorarse en ambos equipos. Por ello, seguimos la recomendación de una de las conclusiones del trabajo de Villa y cols. (1999): “La inexistencia de diferencias en nuestros resultados entre los futbolistas profesionales y amateurs, tanto en el análisis por equipos como por puestos, conjuntamente con las significativas relaciones encontradas entre los tests de fuerza explosiva y velocidad, indican que si se consideran importantes para el rendimiento es necesario una mejor planificación de aquellos contenidos del entrenamiento que puedan mejorar dichas cualidades”. Fruto de esta consideración se decidió que en el primer equipo tuvieran prioridad los contenidos de entrenamiento basados en el desarrollo de la fuerza orientada a la mejora de la velocidad (Delecluse y cols., 1995; Delecluse, 1997).

Una vez finalizada la pretemporada los resultados contrastaron la línea de trabajo marcada, con mejoras del tiempo en 20 m en el primer equipo (5.9 %) mayores que las referidas para un mismo periodo de entrenamiento en equipos profesionales

(4.9%) y amateurs (4.2%) (García y cols., 2001). El equipo filial no mejoró en la misma medida (2%) debido a que otros contenidos del entrenamiento tuvieron prioridad; lo mismo que ocurrió con el equipo juvenil (2.2%); destacándose que el equipo cadete disminuyó el tiempo en 20 m más que los dos anteriores (3.1%), sin que éste fuera tampoco el objetivo prioritario (etapa de mayor sensibilidad al entrenamiento). En cadete, juvenil y equipo filial se entrenó la fuerza con métodos de baja intensidad (fuerza resistencia y hipertrofia), por lo que los resultados no pudieron observarse en un periodo de tiempo tan corto.

La *influencia del nivel competitivo* en la velocidad de desplazamiento en fútbol es un tema bastante controvertido (Tabla-5). De acuerdo con los trabajos llevados a cabo en la Unión Deportiva Salamanca S.A.D., no existirían diferencias significativas en ninguna manifestación de la velocidad entre un equipo profesional y otro amateur; sólo pequeñas diferencias en algunos aspectos relacionados con la velocidad resistencia que todavía son poco claros (Villa y cols., 1999; García y cols., 2001). Consultando el trabajo realizado en la Cultural y Deportiva Leonesa S.A.D., observamos que al inicio de la pretemporada no existen diferencias entre jugadores semiprofesionales (2ª División B) y amateurs (3ª División); sin embargo, tras el entrenamiento de pretemporada los jugadores semiprofesionales son capaces de correr los 20 m en 2.87 ± 0.02 s, mientras que los amateurs lo hacen en 3.01 ± 0.02 s (0.14 s más lentos, $p < 0.01$). Se plantean así una serie de cuestiones como: ¿se deben las diferencias entre futbolistas amateurs y semiprofesionales al nivel competitivo o a una orientación específica de los contenidos de entrenamiento en estos últimos?, ¿qué hubiera pasado entre futbolistas amateurs y profesionales si se hubiesen seguido exactamente las mismas directrices de entrenamiento?, etc.

Autores	Futbolistas de la muestra	Test de valoración	¿Influye el nivel competitivo?
Brewer y Davis (1991)	Profesionales y amateurs ingleses	0-15 m y 0-40 m	SI
Garganta y cols. (1992)	Élite y no élite de portugueses	0-30 yardas o 0-45.5 m	SI
Tokmakidis y cols. (1992)	Selección Griega y 1ª División Griega	0-15 m y 0-30 m	NO
Kollath y Quade (1993)	Profesionales y amateurs alemanes	0-10 m y 0-30 m	SI, en mayor medida en 0-10 m que en 0-30 m
Villa y cols. (1999) Gcía. y cols (2001)	1ª División y 3ª División españoles	0-20 y 0-50 m, V Máx	NO, en ninguna de las manifestaciones
Cometti (2001)	Élite, subélite y aficionados franceses	0-10 m y 0-30 m	¿?, sí en 0-10 m, pero no en 0-30 m
Sevillano y cols. (2002)	2ª División B y 3ª División españoles	0-20 m	NO, al inicio de pretemp. SI, al final de pretemporada
Strudwick y cols. (2002)	Profesion. ingleses y amateur Irlanda	0-10 m y 0-30 m	SI

Tabla-5.-Resumen de las conclusiones de diferentes estudios sobre la influencia del nivel competitivo en la velocidad de desplazamiento.

Este tipo de preguntas son bastante difíciles de contestar por las siguientes razones: a-los estudios científicos que justifican la Teoría del Entrenamiento Deportivo rara vez son llevados a cabo con futbolistas y suelen basarse en los resultados obtenidos en otras poblaciones; b-cuando pretenden compararse o manipularse experimentalmente dos equipos distintos, resulta bastante complejo controlar la carga de trabajo (volumen e intensidad) que supone el entrenamiento y la competición específica de fútbol en cada uno de ellos; c-cuando los trabajos se llevan a cabo en un mismo equipo de fútbol, homogeneizando así la carga de trabajo, no se suele disponer del número de jugadores suficiente para establecer uno o más grupos experimentales y un grupo control, y además, sería cuestionable éticamente someter a los jugadores a distintos métodos de entrenamiento cuando ya se parte de la hipótesis de que unos van a ser más efectivos que otros. Esto último resulta mucho más difícil cuando pretende aplicarse a jugadores de fútbol de alto nivel, por lo que la mayoría de los estudios que manipulan los métodos de entrenamiento en un mismo equipo de fútbol son llevados a cabo con futbolistas de categorías inferiores (Helgerud y cols., 2001), que todavía se encuentran en formación, o en mujeres (Polman y cols., 2004), donde los requerimientos de un partido son distintos a la categoría masculina.

La mayoría de los trabajos revisados que comparan a futbolistas de mayor y menor nivel competitivo muestran una clara influencia del nivel competitivo en la velocidad de desplazamiento: Brewer y Davis (1991) encuentran que los futbolistas profesionales de la Liga Inglesa son capaces de recorrer más rápido que los no profesionales los parciales de 15 m (2.35 s y 2.70 s, respectivamente) y 40 m (5.51 s y 5.80 s, respectivamente). Garganta y cols. (1992) observan que futbolistas portugueses de élite completan en menor tiempo un test de 30 yardas o 45.5 m de carrera que los jugadores de no-élite. Kollath y Quade (1993) también demuestran que futbolistas profesionales alemanes recorren más rápido una distancia de 30 m que los no profesionales (4.19 s y 4.33 s, respectivamente); estas diferencias ya aparecen en los primeros 10 m, destacando así la importancia de la velocidad de aceleración en el fútbol. Sin embargo, también existen algunos trabajos que no encuentran estas diferencias, como los llevados a cabo en 51 jugadores seleccionados por Grecia y un grupo de 48 jugadores no seleccionados de 1ª División griega (Tokmakidis y cols., 1992). Estos resultados coinciden con los encontrados al comparar los equipos de 1ª y 3ª División de la Unión Deportiva Salamanca S.A.D. (Villa y cols., 1999; García y cols., 2001).

En la misma línea, Cometti (2001) ha comparado los resultados de dos tests de carrera de 10 y 30 m en jugadores franceses de élite, sub-élite y aficionados. En el test de 10 m, este autor sólo ha podido constatar diferencias entre la élite (1.80 ± 0.06 s) y la sub-élite (1.82 ± 0.06 s) con los aficionados (1.86 ± 0.08 s), no encontrando diferencias entre la élite y sub-élite. En el test de 30 m, no se encuentran diferencias entre élite (4.22 ± 0.19 s), sub-élite (4.25 ± 0.15 s) y aficionados (4.29 ± 0.14 s). Por lo tanto, no está del todo claro que existan diferencias en la velocidad de aceleración de los diferentes grupos estudiados, ya que, aunque se encuentran algunas diferencias en el test de 10 m, en apartados anteriores se han comentado los problemas de fiabilidad

intrínsecos al mismo. Al respecto, Cometti (2001) comenta que “*es posible que el rendimiento en fútbol no esté determinado sólo por variables medibles*”.

Redundando en la opinión contraria, Strudwick y cols. (2002) han comparado la fuerza (salto vertical) y la velocidad de desplazamiento (10 y 30 m) de 19 jugadores profesionales de la “Premier League” inglesa y 33 jugadores irlandeses de menor nivel que competían a nivel interprovincial. Los jugadores profesionales obtienen un mejor rendimiento ($p<0.01$) en el test de 10 m (1.75 ± 0.08 s y 1.89 ± 0.17 s, respectivamente) y en el test de 30 m (4.28 ± 0.12 s y 4.60 ± 0.30 s, respectivamente), resultados que se se han visto refrendados al aumentar también la capacidad de salto vertical ($p<0.01$).

A modo de conclusión general, el nivel competitivo sí influye en la velocidad de desplazamiento, fundamentalmente en la velocidad de aceleración. Ésta es la opinión más generalizada entre los autores consultados (Brewer y Davis, 1991; Garganta y cols., 1992; Kollath y Quade, 1993; Strudwick y cols., 2002) y la que se desprende de los resultados de nuestro trabajo con la Cultural y Deportiva Leonesa S.A.D. (Sevillano y cols., 2002). A esto debemos sumar los resultados obtenidos en los últimos trabajos no publicados llevados a cabo siguiendo la metodología descrita en anteriores apartados para el test de carrera sobre 20 m, con la cual han sido valorados en el mismo momento de la competición (tras 2 semanas de iniciarse la temporada) un total de 38 jugadores semiprofesionales de 2ª División B, 32 amateurs de 3ª División y 35 juveniles de División Nacional (Tabla-6).

	2ª División B (n=38)	3ª División (n=32)	Juv. Nacional (n=35)
Percentil 20 (s)	2.83	2.92	2.97
Percentil 40 (s)	2.90	2.96	3.03
Percentil 60 (s)	2.95	3.01	3.11
Percentil 80 (s)	3.02	3.05	3.17
Media±EEM (s)	2.92±0.01	2.99±0.01 ***	3.06±0.02 ###

Tabla-6.- Percentiles (20, 40, 60 y 80), valores medios (Media) y errores estándar (EEM) del tiempo empleado en el test de velocidad de 20 m por jugadores semiprofesionales (2ª División B), amateurs (3ª División) y juveniles (División Nacional). Diferencias entre 2ª División B y 3ª División: *** = $p<0.001$. Diferencias entre 3ª División y Juveniles de División Nacional: ### = $p<0.001$.

Además, como conclusiones específicas derivadas de los valores ofrecidos por los diferentes estudios en el test de velocidad de 20 m, debemos puntualizar lo siguiente:

- En jugadores semiprofesionales y profesionales (categorías superiores a 2ª División B) son esperables valores medios de 2.90 s en recorrer una distancia de 20 m desde parado. Pueden considerarse como muy buenos (MB) los valores iguales o inferiores a 2.80 s, como buenos (B) los iguales o inferiores a 2.90 s, como regulares (R) los iguales o inferiores a 3.00 s y como malos (M) los mayores de 3.00 s: $MB \leq 2.80 \text{ s} < B \leq 2.90 < R \leq 3.00 > M$.

- En jugadores seniors amateurs los límites citados anteriormente deben incrementarse en unos 0.10 s: $MB \leq 2.90 \text{ s} < B \leq 3.00 < R \leq 3.10 > M$.
- En jugadores juveniles que compitan en categoría nacional (Juvenil Nacional o División de Honor) y que tengan perspectivas de promocionar a categorías amateurs o profesionales los tiempos deben incrementarse aproximadamente en 0.05 s: $MB \leq 2.95 \text{ s} < B \leq 3.05 < R \leq 3.15 > M$.
- Para el resto de jugadores en formación (categorías Cadete, Infantil y Alevín) pueden servir de referencia los valores de las tablas y figuras de los trabajos llevados a cabo en el Centro de Tecnificación Nacional Fernand Sastre de Clairefontaine (Le Gall y cols., 2002) y en las categorías inferiores de la Cultural y Deportiva Leonesa S.A.D. (Sevillano y cols., 2002).

Es posible que la discrepancia de opiniones en relación a la influencia o no del nivel competitivo en la velocidad de desplazamiento se deba a los distintos niveles de condición física de muestras categorizadas como profesionales, semiprofesionales o amateurs, o también, a diferentes metodologías de entrenamiento que tienen mayor o menor influencia en la velocidad (Tumilty, 1993). Por ejemplo, en referencia a los trabajos de Villa y cols. (1999) y Sevillano y cols. (2002), la diferencia de condición física entre jugadores del primer equipo y de su equipo filial podría ser mayor en clubes de menor categoría, o con metodologías distintas de entrenamiento con los jugadores de equipos inferiores. En referencia a los trabajos de Strudwick y cols. (2002), la diferencias encontradas en la velocidad de desplazamiento entre jugadores profesionales ingleses y jugadores irlandeses que compiten a nivel interprovincial pudiera ser mayor que la encontrada entre aquéllos y jugadores españoles que compiten a nivel interprovincial (por ejemplo, 2ª División B), ya que estos últimos se dedican a este deporte de manera semiprofesional.

Otra posible explicación puede venir dada por la variabilidad de los resultados de los tests de velocidad entre distintos jugadores de un mismo equipo de fútbol, que puede enmascarar las verdaderas diferencias entre distintos niveles de rendimiento (Villa y cols., 1999). Por ejemplo, Cazorla y cols. (1998), en una recopilación de los resultados obtenidos en varios tests de velocidad con 102 futbolistas profesionales franceses muestran una gran variabilidad en los valores máximos y mínimos de un mismo equipo, llegando a ser de 0.33 s en el sprint de 10 m y de 0.52 s en el de 60 m. Lo mismo aconteció en los trabajos de Villa y cols. (1999), llevados a cabo con futbolistas profesionales españoles, encontrando variaciones de 0.46 s en el sprint de 20 m y de 1.10 s en el de 50 m. Esta variabilidad se debe a las diferencias que existen en la velocidad de desplazamiento de los jugadores en función de la posición que ocupan en el terreno de juego, lo cual, será tratado a continuación.

La *influencia de la posición ocupada en el campo* o el puesto específico de los jugadores en la velocidad de desplazamiento, la fuerza explosiva o la potencia ha sido resaltada por diferentes estudios (Tumilty, 1993). Sin embargo, la comparación de resultados entre ellos se hace bastante compleja por dos motivos: a-Los protocolos

utilizados para valorar estas cualidades son bastante heterogéneos (Tumilty, 1993): plataformas de contacto, cicloergómetros, ergómetros isocinéticos, y sobre todo, las diferentes distancias utilizadas en los tests de velocidad (comentadas en apartados anteriores). b-La categorización de los jugadores en función del puesto también es distinta (Figura-14): porteros, defensas, mediocampistas y delanteros (Tumilty, 1993); porteros, defensas centrales, defensas laterales, mediocampistas y delanteros (Bangsbo, 1994); porteros, defensas centrales-delanteros centro, jugadores de las bandas (defensas laterales e interiores) y mediocampistas (Villa y cols., 1999). Nosotros utilizaremos esta última categorización, debido a que disponemos de suficientes datos de referencia para poder llevar a cabo comparaciones.

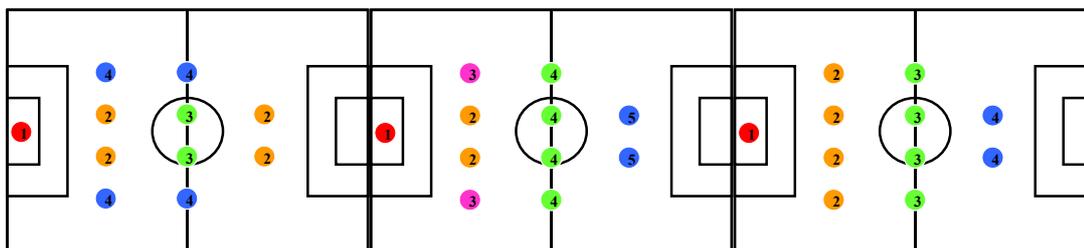


Figura-14.-Categorización (clasificación) de los jugadores de un equipo de fútbol por puestos, en función de la posición ocupada en el campo: Tumilty, 1993 (izquierda), Bangsbo, 1994 (centro) y Villa y cols., 1999 (derecha).

En el trabajo llevado a cabo con la Unión Deportiva Salamanca S.A.D. existían indicios de que los jugadores de las bandas eran los que en mayor medida expresaban su potencial en todas las manifestaciones de la velocidad de desplazamiento. Valores muy similares, pero ligeramente inferiores, presentaban los defensas centrales y delanteros centro, siendo valores más bajos los encontrados en mediocampistas (Villa y cols., 1999). Desgraciadamente no pudieron incorporarse los porteros en esta valoración, puesto que el Primer Equipo sólo contaba con un número de 3, insuficiente para llevar a cabo análisis estadísticos.

Trabajos posteriores que fueron llevados a cabo con el Real Valladolid S.A.D. (García y cols., 1999) nos permitieron contar con un mayor número de futbolistas profesionales de élite (6 porteros, 16 defensas centrales y delanteros centro, 10 mediocampistas y 11 jugadores de las bandas). Sin embargo, no se valoró la velocidad de desplazamiento y sí la fuerza explosiva a partir de la altura del salto registrado sobre plataforma de contacto. Teniendo en cuenta la relación tan íntima que existe entre ambas cualidades (Vittori, 1990; Bosco, 1991), que ha sido también demostrada en trabajos con futbolistas (Tumilty, 1993; Villa, 1999), podemos hacer una extrapolación de estos resultados a la velocidad de desplazamiento. Así pues, en la Figura-15 se observa cómo los porteros (P) son los futbolistas con mayor fuerza explosiva para todos los protocolos del Test de Bosco realizados (DJ 40, ABK, CMJ, SJ y RJ 15). De los futbolistas que no ocupan esta posición, los jugadores de las bandas (JB) destacan sobre los defensas centrales y delanteros centro (DC) en el RJ 15, y sobre los mediocampistas (MC) en el DJ 40, ABK y RJ 15. Sin entrar en matices sobre las manifestaciones de la fuerza que valoran cada uno de estos

protocolos (Bosco, 1991), resultados similares serían bastante lógicos de obtener en el test de velocidad de aceleración sobre 0-20 m.

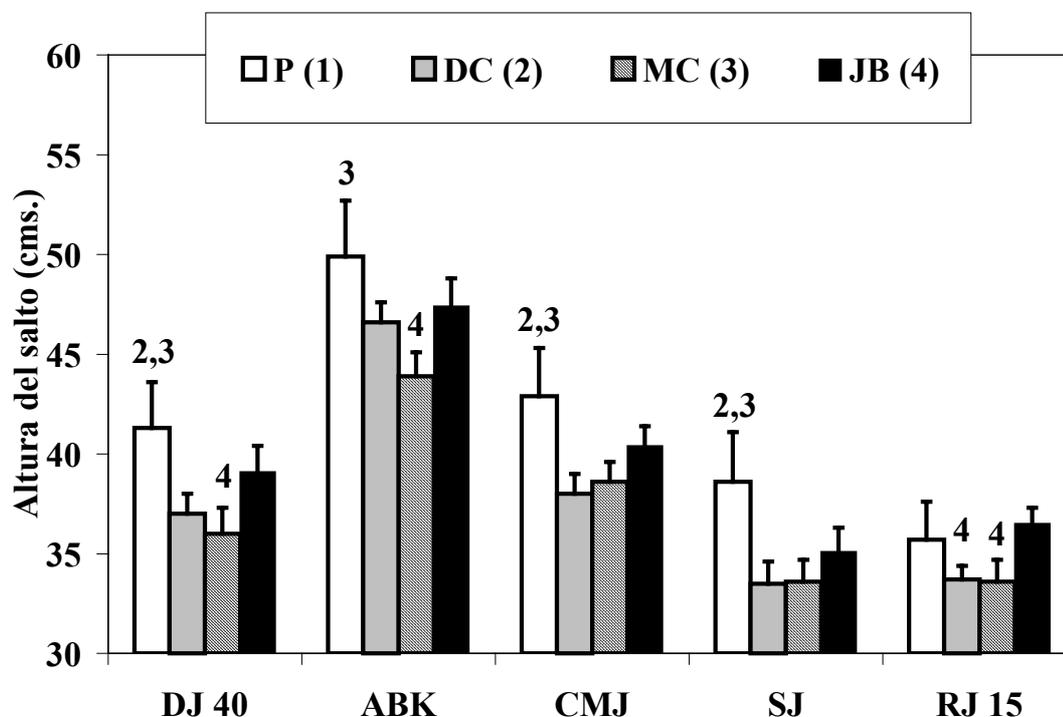


Figura-15.- Alturas medias y errores estándar de los saltos verticales del Test de Bosco: Drop Jump de 40 cm (DJ 40), Abalakov (ABK), Counter Movement Jump (CMJ), Squat Jump (SJ) y Repeat Jump 15 s (RJ 15). Porteros (P), Defensas Centrales y Delanteros Centro (DC), Mediocampistas (MC) y Jugadores de las Bandas (JB). Diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a DC (2), MC (3) y JB (4).

Los únicos datos no publicados de los que disponemos sobre la velocidad de aceleración en un número suficiente de jugadores ($n=38$) han sido recogidos en futbolistas de 2ª División B de la Cultural y Deportiva Leonesa S.A.D. y el Real Burgos S.A.D. ($n=6$ P, $n=12$ DC, $n=10$ MC y $n=11$ JB). En la Figura-16 puede observarse el tiempo empleado en recorrer 0-20 m por los grupos de futbolistas mencionados, siendo significativamente menor ($p < 0.05$) en DC y JB respecto a MC. Estas diferencias estarían justificadas en función del mayor tipo de esfuerzo aeróbico que realizan los jugadores MC (Bangsbo, 1994). Los valores de P son menores que en MC y mayores que en DC y JB, pero no se encuentran diferencias significativas. Los tiempos de carrera de DC y JB son prácticamente similares. Estos resultados difieren ligeramente de los presentados para el salto vertical, lo cual puede deberse a que el test de 20 m sea menos específico para P que los tests de salto vertical, ocurriendo lo contrario en DC. Dividiendo el grupo DC en defensas centrales y delanteros centros, entre ambos tampoco se han encontrado diferencias significativas (2.89 ± 0.03 s y 2.90 ± 0.03 s, respectivamente).

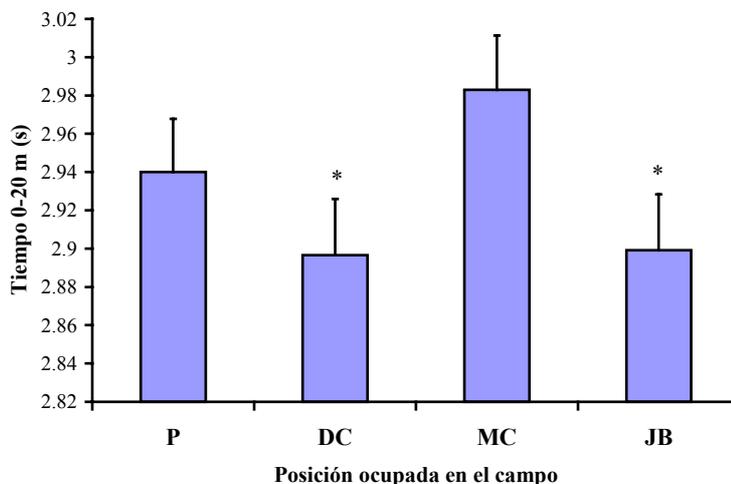


Figura-16.-Medias y errores estándar del tiempo empleado en recorrer 0-20 m por jugadores de 2ª División B (n=38): Porteros (P), Defensas Centrales y Delanteros Centro (DC), Mediocampistas (MC) y Jugadores de las Bandas (JB). Diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a MC.

En conclusión, se ha demostrado que existen diferencias en la velocidad de aceleración en función de la posición ocupada en el campo por los futbolistas, lo que conlleva importantes implicaciones a la hora de orientar el entrenamiento específico por puestos de esta capacidad física. La velocidad de aceleración es mayor en defensas centrales-delanteros centro (DC) y jugadores de las bandas (JB) que en mediocampistas (MC). En los porteros (P), la velocidad de aceleración debería valorarse en tramos de carrera más cortos, pero esto conlleva dificultades metodológicas, por lo que se recomienda utilizar tests que evalúen la fuerza explosiva mediante el salto vertical. No encontramos estudios que hayan valorado el comportamiento diferencial por puestos de la velocidad máxima y la velocidad resistencia con un número suficiente de jugadores y utilizando la metodología adecuada. Sería necesario llevarlos a cabo porque posiblemente sea en estas dos cualidades donde mayores diferencias se encuentren entre DC y JB.

1.2.4.3. La resistencia a la velocidad como cualidad determinante en fútbol.

En el apartado anterior se ha comentado la importancia de las diferentes manifestaciones de la velocidad en el rendimiento del futbolista, haciendo alusión especial a la velocidad de desplazamiento. Sin embargo, no estaban incluidas en el mismo todas las manifestaciones de la velocidad, porque faltaba hacer referencia a la capacidad de repetir numerosos sprints, con sus correspondientes pausas de recuperación y sin disminuir el rendimiento, a lo largo de un periodo de tiempo determinado (Dawson y cols., 1993). Nos estamos refiriendo a la resistencia a la velocidad, cualidad que, una vez consultados diferentes análisis de este deporte (Reilly, 1976; Ekblom, 1986; Bangsbo, 1994), parece estar directamente implicada en su rendimiento (Williams y cols., 1990).

1.2.4.3.1. Concepto y marco teórico de la resistencia a la velocidad.

La resistencia a la velocidad es una cualidad física integral, es decir aquellas formadas por 2 o más capacidades elementales. Esto es debido a que se encuentra a caballo entre las capacidades físicas básicas de la velocidad y la resistencia, pudiendo ser abordada desde ambas perspectivas. Es necesario diferenciarla de la velocidad resistencia, ya que esta última hace referencia a la capacidad para mantener una velocidad máxima o submáxima durante un periodo de tiempo prolongado, lo que sería propio de disciplinas como los 100, 200, 400 u 800 m en atletismo (Navarro, 1998). La resistencia a la velocidad ha sido definida por numerosos autores, coincidiendo todos ellos en el carácter maximal e intermitente de los esfuerzos:

Zintl, F. (1991) la denomina como resistencia de juego / combate por ser propia de estas disciplinas: *“Resistencia al cansancio que mantiene baja la pérdida de rendimiento en los deportes de juego colectivo y de combate donde las situaciones de trabajo no están estandarizadas y extremadamente variables”*.

Fitzsimons y cols. (1993) emplean el término anglosajón de *“repeat sprint ability”* o *RSA*, haciendo referencia a una especie de habilidad para repetir sprints máximos.

Cuadrado, J. (1996) opina que es la *“capacidad para realizar carreras a máxima intensidad, sobre distancias cortas, con diversas pausas de recuperación entre ellas, con la mínima merma en el rendimiento a medida que van repitiéndose los esfuerzos”*.

Martín, R. (1994) la define como la *“capacidad de repetir aceleraciones, principalmente, segmentarias y globales, alcanzando la velocidad máxima, con pausas intermedias que consientan de nuevo la máxima velocidad”*.

Dawson y cols. (1997) piensan que es la *“capacidad de repetir regularmente, a lo largo del juego, esfuerzos cortos de sprint”*, lo que acontecen en numerosos deportes individuales y colectivos.

Durante mucho tiempo, los fisiólogos del ejercicio se han esforzado por entender mejor la participación de las vías metabólicas (anaeróbica aláctica, anaeróbica láctica y aeróbica) y por aclarar la etiología de la fatiga durante los ejercicios máximos intermitentes (véase Tabla-7, desde McCartney y cols., 1986 hasta Dawson y cols., 1997). Posteriormente se aplicaron varios tests de resistencia a la velocidad para estudiar diferencias entre jugadores de hockey hierba y futbolistas (Aziz y cols., 2000), o entre futbolistas de nivel profesional y amateur (Strudwick y cols., 2002); para determinar si es una variable importante en la selección de talentos deportivos en fútbol (Reilly y cols., 2000); o para valorar en futbolistas los efectos que tienen sobre esta cualidad diferentes tipos de entrenamiento (Tomlin y Wenger, 2002) o ayudas ergogénicas como la creatina (Mujika y cols., 2000); etc. Paralelamente, en los últimos años, la principal preocupación ha sido elegir el protocolo de ejercicios máximos intermitentes más específicos para el fútbol, comparando así entre distintos protocolos o estudiando la reproducibilidad de los mismos (Aziz y cols., 2000; Psotta, 2002). En la Tabla-7 se exponen los principales trabajos sobre resistencia a la velocidad o ejercicio máximo intermitente; se destacan los tiempos de esfuerzo y recuperación, ergómetros y principales técnicas de análisis que utilizaron.

Autor/es Año	Protocolo		Ergómetro utilizado	Principales técnicas de análisis y variables estudiadas
	Trabajo	Rec		
McCartney y cols. (1986)	4 rep × 30 s	240s	Isocinética	Biopsia Muscular (Glucógeno, lactato, enzimas glucolíticas, ATP, PCr)
Brooks y cols. (1990)	10 rep × 6 s	30 s	Tapiz no monitorizado	Analítica sanguínea (lactato, catecolaminas, PNA, CDN, CGRP)
Jansson y cols. (1990)	3 rep × 30 extensiones	60 s	Isocinético	Biopsia Muscular (ATP, ADP, IMP, PCr, lactato, CS)
Hamilton y cols. (1991)	10 rep × 6 s	30 s	Tapiz no monitorizado	Analítica sanguínea (lactato, pH), Ergoespirometría (VO _{2max} , VO ₂)
Balsom y cols. (1992a)	40×15 m 20×30 m 15×40 m	30 s	Pista carrera	Analítica sanguínea, ergoespirometría (VO _{2max})
Balsom y cols. (1992b)	3 series × 5 rep × 40 m	30-120s	Pista carrera	Analítica sanguínea, ergoespirometría (VO ₂ , VO _{2max})
Gaitanos y col. (1993)	10 rep × 6 s	30 s	Ciclo-ergómetro	Biopsia Muscular (pH, PCr, Lactato, Catecolaminas), Ergoespir. (VO _{2max})
Dawson y cols. (1993)	6 rep × 6 s / 6 rep × 40m	30 s	Cicloergóm./ Pista carrera	Valoración funcional An. Aláctica, Láctica y Aeróbica
Bogdanis y cols. (1996)	1 rep × 30 s 1 rep × 10 s	4 s	Ciclo-ergómetro	Biopsia Muscular (pH, PCr, enzimas metabólicas.). Ergoespirometría (VO ₂)
Gullstrand, L. (1996)	5 series × 8 rep × 15 s	30 s 15 s	Remo-ergómetro	Cardiotacografía (Fc), Ergoespirometría (VO ₂), Analítica sanguínea
Bell y cols. (1997)	3 rep × 60 s (125% VO _{2max})	5 s	Ciclo-ergómetro	Analítica sanguínea (Lactato), Ergoespirometría (Umbral y VO _{2max})
Dawson y cols. (1997)	5 rep × 6 s	30 s	Ciclo-ergómetro	Biopsia Muscular (pH, PCr, Lactato)
Aziz y cols. (2000)	8 rep × 40 m	30 s	Pista carrera	Tiempo y fatiga de sprint, Ergoespirometría (VO _{2max})
Mujika y cols. (2000)	10 rep × 15 m	30 s	Pista carrera	Tiempo y fatiga de sprint, salto vertical
Reilly y cols. (2000)	7 rep × 30 m	20 s	Pista carrera	Tiempo y fatiga de sprint, Cineantropometría, Ergoespirometría
Wragg y cols. (2000)	8rep × 34.2m	25 s	Pista carrera	Tiempo y fatiga de sprint, reproducibilidad de estas variables
Psotta (2002)	10rep ×20m	20 s	Pista carrera	Tiempo y fatiga de sprint
Strudwick y cols. (2002)	7 rep × 30m	15 s	Pista carrera	Tiempo y fatiga de sprint, salto vertical, Ergoespirometría (VO _{2max})
Tomlin y Wenger(2002)	10 rep × 6 s	30 s	Ciclo-ergómetro	Potencia y fatiga en el pedaleo, Ergoespirometría (VO _{2max})

Tabla-7.-Principales trabajos que estudian la resistencia a la velocidad o el ejercicio máximo intermitente. Protocolos de esfuerzo (Trabajo), distinguiéndose entre el número de series y de repeticiones (rep), así como el tiempo de recuperación (Rec.). Ergómetro utilizado en el test y principales técnicas de análisis y variables estudiadas.

No es objeto de esta revisión profundizar en aspectos relacionados con las vías metabólicas implicadas durante el ejercicio máximo intermitente, o con las posibles causas de la fatiga, ya que existen trabajos específicos al respecto (Gaitanos y cols., 1993; Gogdanis y cols., 1996; Dawson y cols., 1997), algunos de los cuales podemos encontrarlos en lengua castellana (Dorado y cols., 1997). Sin embargo, debemos destacar que la mayoría de los autores aceptan la participación de las vías metabólicas anaeróbica aláctica y anaeróbica láctica durante el ejercicio máximo intermitente, lo que significa que un mayor potencial de las mismas conllevará un mejor rendimiento en resistencia a la velocidad. Por su parte, la participación de la vía aeróbica en el ejercicio máximo intermitente ha sido mucho más discutida por algunos (Wadley y Le Rossignol, 1998), aunque para otros parece claro que existen relaciones entre el consumo máximo de oxígeno y esta cualidad (Hamilton y cols., 1991; Balsom y cols., 1992a; Dawson y cols., 1993; Aziz y cols., 2000); sobre todo, a medida que disminuye el tiempo de recuperación entre los sprints (Balsom y cols., 1992b). Por lo tanto, una mayor cualidad aeróbica también repercutiría positivamente en la resistencia a la velocidad.

Éste un concepto importante y novedoso de cara al entrenamiento deportivo en fútbol, ya que hasta hace muy poco se pensaba que para mejorar la capacidad de realizar sprints repetidos en fútbol, bastaba con potenciar la vía metabólica anaeróbica, no encontrándose ninguna relación entre la resistencia aeróbica y dicha cualidad (Weineck, 1997). Esto contrasta con hallazgos como los de Reilly y cols. (2000), quienes determinan que algunas de las principales diferencias ($p < 0.01$) entre jóvenes jugadores de élite y sub-élite se encuentran tanto en la capacidad aeróbica (consumo de oxígeno máximo), como en la resistencia a la velocidad, estudiada mediante el tiempo empleado en realizar 7 sprints de 30 m con 30 s de recuperación cada uno (6.24 ± 0.19 s y 6.74 ± 0.31 s, respectivamente) y mediante el índice de fatiga entre el mejor y el peor sprint (0.25 ± 0.19 s y 0.39 ± 0.27 s, respectivamente).

Relacionado con las afirmaciones anteriores, debemos destacar por su originalidad y complejidad, el trabajo llevado a cabo por Helgerud y cols. (2001) en un equipo de jóvenes jugadores de fútbol (18.1 ± 0.8 años). Estos autores entrenaron a 9 de los futbolistas, durante 2 días a la semana, mediante un método interválico de resistencia aeróbica, que consistía en realizar 4 series de 4 min. de carrera al 90-95% de la frecuencia cardiaca máxima, recuperando 3 min. entre cada serie. Los otros 10 futbolistas del equipo sirvieron de grupo control. En el grupo de entrenamiento se mejoraron gran número de variables relacionadas con el rendimiento aeróbico y anaeróbico, muchas de las cuales fueron extraídas del análisis fisiológico y videográfico de 2 partidos de competición, no modificándose las mismas en el grupo control. Estas variables fueron: a-el consumo máximo de oxígeno (de 58.1 ± 4.5 a 64.3 ± 3.9 ml/kg/min, $p < 0.01$); b-el umbral anaeróbico determinado mediante lactacidemia (de 47.8 ± 5.3 a 55.4 ± 4.1 ml/kg/min, $p < 0.01$); c-la economía de carrera durante el test de consumo máximo de oxígeno; d-la distancia media recorrida por los 9 jugadores durante los dos partidos analizados (de 8619 ± 1237 a 10335 ± 1608 m, $p < 0.01$); e-el número de sprints realizados en el partido (se incrementó un 100%, $p < 0.01$); f-el número de acciones técnicas o participaciones con el balón (de 47.4 ± 5.5

a 58.8 ± 6.9 , $p < 0.05$); g-la intensidad media del partido, determinada mediante el porcentaje de frecuencia cardiaca máxima de cada jugador (del 82.7 ± 3.4 al 85.6 ± 3.1 %, $p < 0.05$). A la vista de estos resultados, el entrenamiento aeróbico favoreció específicamente durante la competición de fútbol las variables relacionadas con la resistencia (distancia recorrida e intensidad) y la velocidad (número de sprints y número de participaciones con el balón). No se observaron sin embargo modificaciones en la velocidad de desplazamiento medida en 10 y 40 m, de ahí que destaquemos la importancia del análisis y estudio de la resistencia a la velocidad.

Un estudio que complementa la opinión anterior es el llevado a cabo por Edwards y cols. (2003), también en jóvenes jugadores de fútbol de 18 (amateurs) y 19 años (profesionales). Estos autores encontraron tendencias a que el consumo de oxígeno fuera mayor en los jugadores profesionales (57.4 ± 4.7 frente a 54.3 ± 5.1 ml/kg/min, $p < 0.09$), lo que se vio acompañado de una mejor recuperación cardiaca entre 3 series de carrera intermitente en el test de Loughborough ligeramente modificado (Figura-17), una menor lactacidemia máxima para cada una de las series del test y, lo más importante, una menor fatiga en el sprint de 20 m medido al finalizar las series. No existían diferencias significativas en los sprints de la primera (3.21 ± 0.11 frente a 3.26 ± 0.18 s) y la segunda serie (3.20 ± 0.15 frente a 3.24 ± 0.56 s), pero sí en los sprints de la tercera serie (3.18 ± 0.10 frente a 3.31 ± 0.12 s, $p < 0.05$).

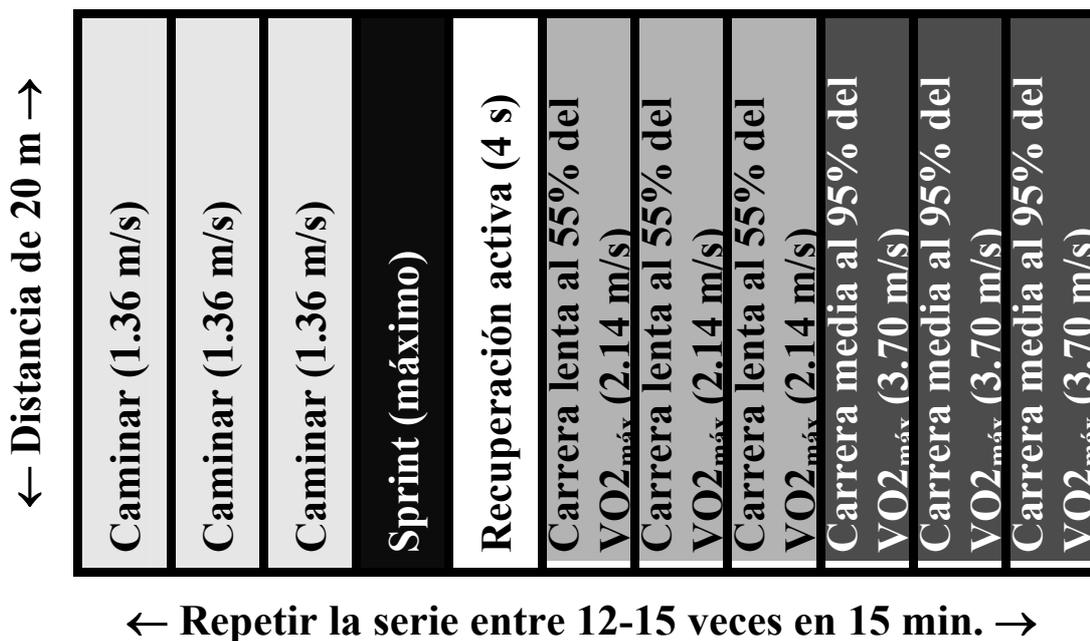


Figura-17.-Esquema de un bloque de esfuerzo del test intermitente de carrera de Loughborough (Nicholas y cols., 2000). Entre paréntesis se reflejan unas velocidades orientativas para los esfuerzos de caminar, carrera lenta y carrera media (Edwards y cols., 2003).

Estos resultados indican que es posible no encontrar diferencias en la velocidad de desplazamiento de jugadores de distinto nivel de rendimiento, mientras que dichas diferencias sí pueden existir en la resistencia a la velocidad, que en este caso, se manifiesta en los sprints repetidos que se realizan en el propio test de Loughborough y en los sprints de 20 m utilizados para la valoración de esta cualidad al finalizar

cada una de las series de esfuerzo. Según recientes trabajos, el test de Loughborough, de 5 series de 10 min. de duración (recuperaciones de 3 min. entre cada serie), que alterna durante los bloques de esfuerzo (Figura-17) un total 3 recorridos de 20 m caminando, 1 recorrido de sprint, 1 tramo de recuperación, 3 tramos de carrera lenta y otros 3 de carrera moderada, sería un fiel reflejo del esfuerzo realizado durante un partido de fútbol (Nicholas y cols., 2000). Por lo tanto, la fatiga al sprint manifestada a partir de la tercera serie del test sería un indicador del nivel de rendimiento de los futbolistas profesionales y amateurs valorados por Edwards y cols. (2003).

En conclusión, se ha descrito la resistencia a la velocidad como una cualidad diferente a la velocidad resistencia, destacando su similitud con los esfuerzos realizados durante un partido de fútbol. En un primer momento interesó comprender el metabolismo implicado en esta cualidad, así como los factores relacionados con la fatiga, y posteriormente, se han diseñado y aplicado distintos protocolos que permiten valorarla, contrastando su fiabilidad y validez. Cuando estos protocolos han sido utilizados para valorar a futbolistas, la mayoría de las opiniones coinciden en la influencia del metabolismo aeróbico en la resistencia a la velocidad. También se ha considerado que es una cualidad capaz de discriminar entre niveles competitivos profesionales y amateurs, de manera que es posible no encontrar diferencias en la velocidad de desplazamiento y sí en la resistencia a la velocidad. Esta cualidad se manifiesta en un partido de fútbol por el número de acciones explosivas de máxima intensidad que el jugador es capaz de realizar, ya que resulta bastante difícil cuantificarlas. Los estudios han demostrado que este número de acciones se ve incrementado con el entrenamiento aeróbico intenso en jóvenes jugadores de fútbol. Cuando no es posible analizar la competición, también se puede valorar la resistencia a la velocidad con cualquiera de los protocolos reflejados en la literatura específica, o intercalando series de esfuerzos similares a los de la competición (por ejemplo, test intermitente de carrera de Loughborough) y protocolos estandarizados que midan la velocidad de desplazamiento (véase el apartado anterior), para cuantificar así el deterioro de la misma. Son necesarios más estudios llevados a cabo con futbolistas profesionales adultos, ya que la mayoría de los trabajos se realizan en jóvenes futbolistas o jugadores amateurs.

1.2.4.3.2. Metodología para valorar la resistencia a la velocidad.

A pesar de la importancia que tiene la resistencia a la velocidad en muchos deportes, ésta ha sido poco estudiada antes de la década de los 90', y son todavía escasos los test específicos para evaluarla. De hecho, en muchos manuales sobre valoración funcional no se encuentran referidos (Fox y Mathews, 1984; Bosco, 1991; MacDougall y cols. 1995), teniendo que recurrir a otra serie de publicaciones específicas (véanse las referencias de la Tabla-7). A partir del marco teórico del ejercicio máximo intermitente, de las opiniones vertidas en las publicaciones específicas y de nuestra propia experiencia en la medición de la resistencia a la velocidad, podemos redactar una serie de consideraciones metodológicas para valorarla: número de series y repeticiones, duración de las repeticiones, duración de

las recuperaciones entre repeticiones y entre series, índices de rendimiento en el tratamiento de los datos, protocolos o tests más utilizados en fútbol.

El *número de series y repeticiones* de estos tests debe respetar la maximalidad del esfuerzo en cada una de las repeticiones, lo que puede lograrse si el volumen total (metros recorridos) es pequeño. Como bien reflejan Fitzsimons y cols. (1993), los test de resistencia a la velocidad no deben superar un volumen total de 300 m., recomendándose realizar una sola serie de 6-8 repeticiones. Más series o más repeticiones pueden producir, además de una excesiva fatiga, el que los sujetos evaluados se dosifiquen durante la realización del mismo, evaluando así una velocidad de desplazamiento submáxima, y no máxima. A nivel práctico esto se observa cuando las últimas repeticiones del test son más rápidas que las anteriores.

La *duración de las repeticiones* debe permitir igualmente que éstas se realicen al máximo, y atender, en la medida de lo posible, a la especificidad de los esfuerzos de velocidad de cada deporte. Sin embargo, en fútbol no se pueden realizar repeticiones de carrera muy cortas (10-20 m.), que sería lo específico al juego, puesto que habría que aumentar en exceso el número de repeticiones para poder observar una disminución clara en el rendimiento, sobrepasando así los límites de volumen descritos. Por ello se recomienda que, aún siendo distancias menos específicas para este deporte, se realicen repeticiones de 30 a 40 m., lo que equivale a una duración de 4.5 a 6.0 s. La duración de 6 s ha sido la más utilizada en los protocolos de diversas investigaciones de laboratorio para estudiar las respuestas fisiológicas al ejercicio máximo intermitente (Brooks y cols. 1990; Jansson y cols. 1990; Gaitanos y cols. 1993; Bogdanis y cols. 1996; Dawson y cols., 1993 y 1997). Una distancia o duración mayor tampoco es aconsejable, ya que a partir de los 7 s el metabolismo anaeróbico láctico empieza a ser preponderante (Hirvonen y col. 1987; Dorado y cols., 1997).

La *duración de la recuperación* debe asegurar que no exista una completa reposición de los sustratos metabólicos implicados en este tipo de esfuerzos. Las proporciones más adecuadas de trabajo:recuperación pueden ser de 1:4, 1:5 o 1:6, lo que equivaldría, en un test de 5-6 s de trabajo, a 20-35 s de recuperación. Balsom (1993) indicó que la proporción derivada de los análisis del fútbol en los años 70' y 80' era de 1:7, sin embargo, la evolución en este deporte en los años 90' indica un aumento del número de acciones explosivas y de velocidad durante el partido (Dufour, 1990; Moreno, 1993), justificándose así las ratios propuestas. Desde el punto de vista metabólico, debemos recordar que la recuperación entre sprints corresponde con la fase rápida de resíntesis de la fosfocreatina, que se produce en los primeros 30 s después de cesar el esfuerzo; en el caso de dividir el test en varias series de esfuerzo (no es recomendable), el tiempo entre series debe asegurar una recuperación completa, que se consigue a los 3-4 min., o incluso 5-6 min. en el caso de sprints repetidos (Dawson y col. 1997). A la hora de seleccionar los tiempos definitivos de trabajo y recuperación hay que tener en cuenta que la duración del periodo de trabajo afecta fisiológicamente más que la duración de la recuperación (Balsom y col. 1992b).

Los *índices de rendimiento* más utilizados para valorar la resistencia a la velocidad se han expresado tanto en valores absolutos (tiempo total de los sprints) como relativos (% de disminución). Sin embargo Fitzsimons y cols. (1993) encontraron débiles correlaciones entre unos y otros. Esto es debido a que los índices absolutos informan sobre la capacidad total para producir esfuerzos rápidos, mientras que los relativos son derivados de los mismos, y por lo tanto menos reproducibles. Es posible que un jugador tenga un buen índice absoluto y un mal índice relativo, y viceversa. En general, los deportistas resistentes pero menos potentes tendrán unos resultados absolutos relativamente malos (mucho tiempo invertido en el test) y unos resultados relativos buenos (bajos % de disminución), al contrario que los rápidos y poco resistentes (Hamilton y cols. 1991; Fitzsimons y cols., 1993). En fútbol, descrito como una disciplina intermedia entre los deportes de potencia y resistencia (Villa y cols., 1999), son esperables discretos valores absolutos y buenos valores relativos. Estos últimos ofrecerán más dificultades para diferenciar a los futbolistas de otro tipo de deportistas (Aziz y cols., 2000), e incluso para distinguir entre futbolistas de diferente nivel de rendimiento (Strudwick y cols., 2000). Por ello, y atendiendo los índices propuestos por Reilly y cols. (2000), quizás tanto el tiempo empleado en el test como la disminución del rendimiento deba ser expresada en valores absolutos.

Los *protocolos o tests más utilizados en fútbol* para valorar la resistencia a la velocidad han sido el Test de Balsom (1993) y el Test de Bangsbo (1994). No obstante, también se encuentran referencias del Test de Godik (citado por Portolés, 1994) y del Test de Dawson (1993). Otros protocolos que siguen las consideraciones metodológicas mencionadas también han sido aplicados en al Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. A continuación, se exponen las principales características de estos tests, y en su caso, los valores de referencia, así como las principales críticas en la aplicación de los mismos:

- *Test de Balsom (1993)*. Para llevarlo a cabo se utilizan las dimensiones estandarizadas del área de penalti (40.2×16.5 m), que sirve de circuito de recuperación (42 s de recuperación). El jugador parte (Salida) de la línea C-A, a dos pasos de A y a la señal del cronometrador. Debe realizar, a la máxima velocidad, el circuito que se ilustra en la Figura-18, de 9.1-12.8-9.1 m (30 m en total). En la descripción del test no se hace referencia a la altura de los conos o picas que delimitan los puntos A, B y C, aunque éste es un factor a tener en cuenta. Deben realizarse, de manera continua, un total de 20 sprints, cronometrando el tiempo de cada uno de ellos. El índice de rendimiento es absoluto, y se calcula mediante el sumatorio de las diferencias de cada sprint con el rendimiento medio de los tres sprints más rápidos. Así, en 14 jugadores de fútbol federados se obtuvieron sumatorios de diferencias de 6.01 ± 3.92 s, encontrándose los valores en un rango de 2.05-16.35 s (para más información puede consultarse a Balsom, 1993). El principal inconveniente del Test de Balsom es la escasez de referencias para comparar los resultados, ya que ni este mismo autor ofrece valores normativos de su test, y sí de otros tests como el de Bangsbo (Balsom, 1994).



Figura-18.-Circuito de esfuerzo (A-B-C) y de recuperación (área de penalti) del Test de Balsom (1993).

- *Test de Bangsbo (1998)*. Es un test que consiste en 7 esfuerzos repetidos de velocidad sobre una distancia de 34.2 m, recuperando 25 s tras cada esfuerzo, a lo largo de un recorrido de 50 m (Figura-19). Al igual que el Test de Balsom, es un protocolo con cambios de dirección, pero a diferencia del mismo, se especifica que deben utilizarse postes verticales o picas por en medio de las cuales debe correr el deportista (importante de cara a la estandarización). El test se realiza de manera continua, en una sola serie, anotando los 7 tiempos de carrera. Los índices de rendimiento derivados del mismo son: sprint más rápido (SR); sprint más lento (SL); tiempo medio de los 7 sprints (Tmed); sumatorio de los 7 sprints (Σ 7 sprints); índice de fatiga de Fitzsimons y cols. (1993) o $IFF = [100 \times (\Sigma 7 \text{ sprints}) \times (7 \times \text{sprint más rápido})^{-1}] - 100$; índice de fatiga de Bangsbo (1998) o diferencia entre el mejor y el peor tiempo (IFB); índice de fatiga de Wragg y cols. (2000) o diferencia entre los dos mejores y los dos peores tiempos (IFW). Una buena consistencia en los resultados del test se logra en la tercera sesión de valoración, por lo que se recomiendan dos sesiones de familiarización previa (Wragg y cols., 2000). Las puntuaciones medias de la prueba y los rangos mínimo-máximo en futbolistas daneses profesionales fueron: SR = 6.80 s (intervalo 6.53-7.01 s); Tmed = 7.10 s (intervalo 6.83-7.31 s) e IFB = 0.64 s (intervalo 0.15-0.92 s) (Balsom, 1994). Algunos datos de referencia para jugadores de fútbol adultos no profesionales son peores que los anteriormente descritos: SR = 7.39 ± 0.21 s, SL = 7.98 ± 0.24 s, Tmed = 7.62 ± 0.23 s, Σ 7 sprints = 53.35 ± 1.60 s, IFF = 3.03 % y el IFB = 0.59 s (Wragg y cols., 2000). Los estudios que hemos llevado a cabo en futbolistas juveniles de nivel nacional nos han permitido presentar una escala de valoración de SR, SL, Tmed, Σ 7 sprints, IFF, IFB e IFW (Tabla-8); los valores se encuentran dentro de los intervalos descritos por Balsom (1994).

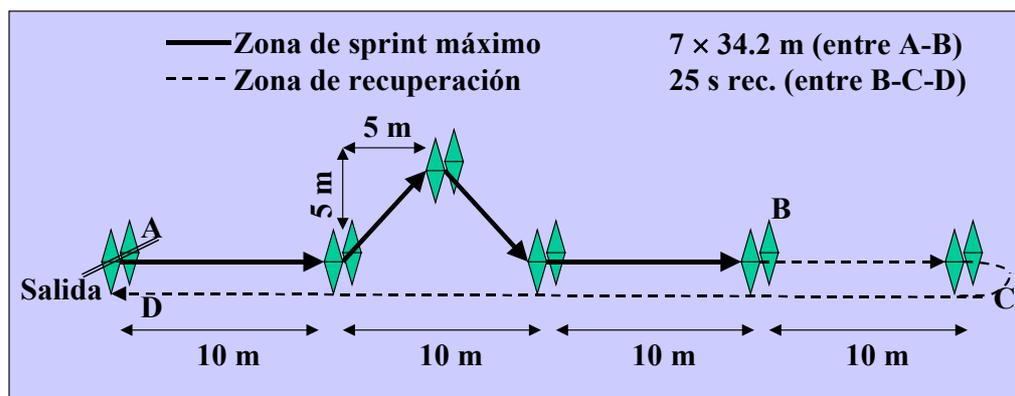


Figura-19.-Circuito de esfuerzo (A-B) y recuperación (B-C-D) del Test de Bangsbo (1998).

Valoración	SR (s)	S (s)	Tmed (s)	Σ 7 spr (s)	IFF (%)	IFB (s)	IFW (s)
MB	6.69	7.11	6.94	48.52	2.48	0.31	0.25
B	6.78	7.19	6.99	49.01	2.96	0.44	0.28
R	6.94	7.26	7.12	49.75	3.45	0.55	0.35
M	7.01	7.44	7.25	50.73	3.98	0.68	0.43

Tabla-8.-Valoración de los resultados obtenidos en el Test de Bangsbo en futbolistas juveniles de nivel nacional: Muy Bien (MB), Bien (B), Regular (R) y Mal (M). (Datos sin publicar).

- *Test de Godik* (citado por Portolés, 1994). Consiste en realizar 10 sprints de 30 m, partiendo desde posición de parado, en una sola serie, y con recuperaciones de 25 s entre cada sprint. El índice de rendimiento más utilizado es el tiempo total de los 10 sprints (Σ 10 sprints), aunque pueden emplearse también cualquiera de los índices de fatiga descritos para el Test de Bangsbo. Según Portolés (1994), el Σ 10 sprints se valora como: MB= 40-41.5 s; B= 41.6-42.5; R = 42.6-44.0 y M>44.1. Algunos autores han utilizado la misma distancia de sprint, reduciendo a 7 el número de repeticiones y a 15 s (Strudwick y cols., 2002) y 20 s (Reilly y cols., 2000) el tiempo de recuperación. Según las consideraciones metodológicas teóricas, no estaría bien acortar tanto la recuperación, en tanto que teniendo en cuenta las duraciones medias de los sprints (6.24 ± 0.19 s), la relación esfuerzo:recuperación sería de 1:2.4 y 1:3.2, respectivamente. La consecuencia inmediata es que los sprints tienen una duración media inferior a 1 s en relación a los datos presentados en el Test de Bangsbo (Reilly y cols., 2000), a pesar de haber recorrido una distancia inferior en 10 m; además, el IFS es de 9.74 ± 3.2 %, muy superior a los valores referidos para el Test de Bangsbo (Strudwick y cols., 2002).
- *Test de Dawson (1993)*. Consiste en realizar una serie de 6 sprints de 40 m, partiendo desde posición de parado en la misma línea de salida, y con recuperaciones de 30 s después de cada esfuerzo. Los índices de rendimiento más utilizados son el tiempo medio (Tmed) y el tiempo total de los 6 sprints (Σ 6 sprints), así como el IFF o índice de fatiga de Fitzsimons y cols. (1993). En jugadores de fútbol de nivel el Σ 6 sprints es de 33.92 ± 0.89 s, y el IFF es de

4.9±1.7 % (Aziz y cols., 2000). En un trabajo no publicado con futbolistas juveniles de nivel nacional el Tmed es 5.98±0.05 s, el Σ 6 sprints es de 35.89±0.32 s y el IFF es de 5.06±1.36 %. Pueden compararse los valores entre ambos grupos de futbolistas, observando que son mejores en los jugadores de nivel. El IFF suele ser mayor que en el Test de Bangsbo, a pesar de contar con 5 s más de recuperación y realizar 1 repetición menos, lo que nos indica que el hecho de aumentar la distancia a 40 m puede haber sido influyente. Esta fue una de las conclusiones de nuestro trabajo no publicado, en el cual obtuvimos diferencias significativas entre el IFF del Test de Bangsbo (3.31±1.06 %) y el IFF del Test de Dawson (5.06±1.36 %). En la literatura, algunos autores realizan ligeras modificaciones del Test de Dawson, algunas de las cuales hacen referencia a la estandarización de la salida (dejando 0.5 m antes del primer par de fotocélulas) y al aumento del número de repeticiones (Aziz y cols., 2000).

- *Test de Rubio (2002)*. Es un protocolo diseñado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. Consiste en realizar 3 series de sprints repetidos sobre 20 m, cada una de las cuales estaba compuesta por 4, 6 y 8 sprints. La recuperación entre los esfuerzos es de 5 s, y entre las series de 4 min. Este protocolo fue aplicado en futbolistas juveniles de nivel regional, con el objetivo de relacionarlo con las cualidades aeróbica y anaeróbica. Los problemas metodológicos que se tuvieron están en el marco de las consideraciones iniciales: a-volumen total de carrera muy alto, de 360 m (18 sprints de 20 m), superior a los 300 m que se establecen como límite; b-recuperaciones entre sprints muy cortas, con un ratio esfuerzo:recuperación de 1:1.5; c-elevado número de repeticiones, lo que produce un efecto de dosificación al esfuerzo por parte de los futbolistas. Sin embargo, pudo comprobarse que este protocolo no se relacionaba con los resultados de un test de campo específico para valorar la cualidad aeróbica (Test de Probst), pero sí se relacionaba significativamente con un test anaeróbico de saltos verticales repetidos durante 30 s, y con un test anaeróbico de 7 × 30 m de ida y vuelta (Rubio y cols., 2002b). En otro trabajo llevado a cabo con 45 futbolistas (1 Equipo Juvenil Nacional y 2 Equipos de 3ª División), el Test de Rubio fue modificado en los tiempos de recuperación (A = 30 s, B = 20 s y C = 5 s), y comparado con el Test de Dawson (D). Como puede apreciarse en la Figura-20, los protocolos “A” y “B” no reflejaron claramente la fatiga a medida que transcurrieron las repeticiones (sobre todo, en las series 1 y 2), debido al “efecto dosificación” o factores volitivos descritos por algunos autores (Dawson y cols., 1993; Fitzsimons y cols., 1993). Por su parte, el protocolo “C” (Test de Rubio original) sólo reflejó esta fatiga, que fue muy acusada, en la última serie. El protocolo “D” (Test de Dawson) fue capaz de mostrar la fatiga al sprint, independientemente de haber utilizado una sola serie. Por ello, en las conclusiones de este trabajo se aconseja utilizar una sola serie de sprints con distancias de carrera mayores de los 20 m (o más de 4 s) y recuperaciones entre 20-40 s (Rubio y cols., 2002a).

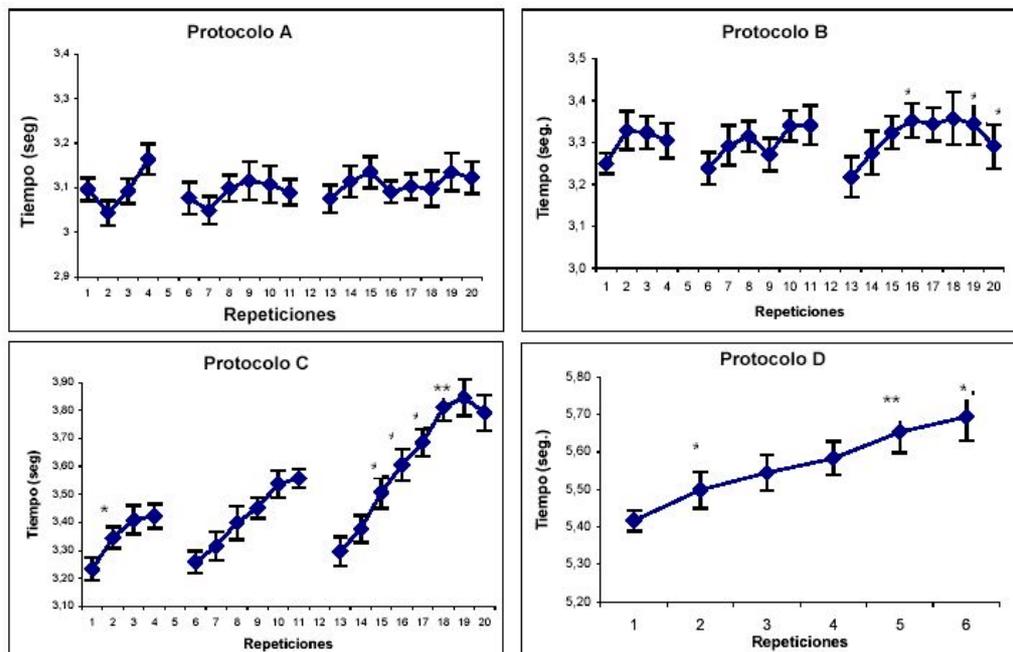


Figura-20.-Tiempo medio y errores estándar de las repeticiones del Test de Rubio con recuperaciones de 30 s (Protocolo A), 20 s (Protocolo B) y 5 s (Protocolo C), y del Test de Dawson original (Protocolo D). * = diferencia significativa con la repetición anterior (* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$).

- *Test de Presa (2003, no publicado)*. También es un protocolo diseñado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. Consiste en realizar 2 series de 8 sprints repetidos sobre 25 m, midiendo los tiempos parciales 0-15 m y 15-25 m, con un descanso entre repeticiones de 20 s, y entre series de 3 min. (Figura-21). Este protocolo fue aplicado en futbolistas juveniles e nivel nacional, con el objetivo de relacionarlo con otros dos tests de resistencia a la velocidad (Test de Bangsbo y el Test de Dawson), un test de resistencia anaeróbica (Test de 300 m con cambios de dirección y sentido a los 10-20-30-40 y 50 m) y un test de resistencia aeróbica (Test de Probst). Se obtuvieron correlaciones significativas entre el sumatorio de tiempos en los 16 sprints de 25 m y los resultados en el Test de Probst ($r = -0.90$ y $p < 0.01$) y en el Dawson ($r = 0.83$ y $p < 0.05$). No se encontraron relaciones significativas con el Test de 300 m y el Test de Bangsbo, ni tampoco entre el IFF con ninguno de los tests mencionados. Al diseñarlo se respetaron todas las consideraciones metodológicas excepto el volumen total de carrera (que ascendió a 400 m) y el ratio esfuerzo:recuperación (que ascendió a 1:7.5). La idea original de observar un comportamiento diferencial entre los 0-15 m (distancia que habitualmente más se repite en los sprints de fútbol) y los 15-25 m no fue fructífera. La existencia de relaciones significativas con el Test de Dawson y no con el Test de Bangsbo la justificamos por el efecto de familiarización con este último (Wragg y cols., 2000), posiblemente debido a la técnica necesaria para optimizar los

movimientos en la fase de cambio de dirección. No haber encontrado relaciones significativas entre los índices relativos de fatiga del Test de Presa, Bangsbo y Dawson puede deberse a que éstos son menos reproducibles que otros índices absolutos (Fitzsimons y cols., 1993).

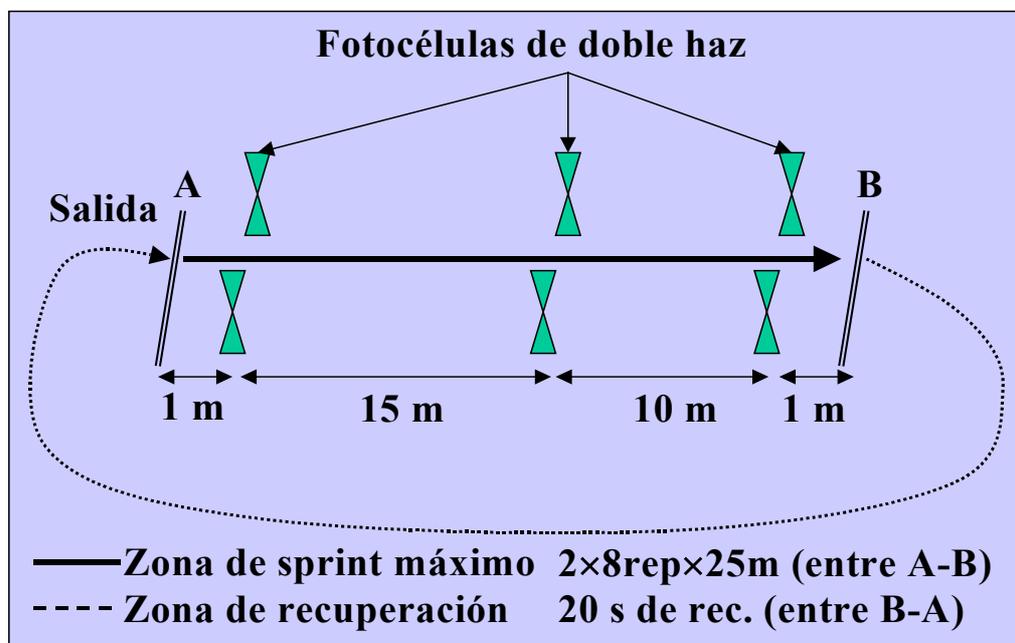


Figura-21.-Circuito de esfuerzo (A-B) y recuperación (B-A) del Test de Presa.

En conclusión, se han expuesto y justificado los principales criterios metodológicos para diseñar un test de resistencia a la velocidad, que debe constar preferiblemente de 1 serie de 6 a 8 repeticiones de sprint con distancias entre 30-40 m y la recuperación entre sprints oscilará entre 20-35 s, respetando la relación esfuerzo:recuperación (de 1:4 a 1:6). También se han revisado los principales protocolos estandarizados de Balsom, Bangsbo, Godik, Dawson, Rubio y Presa, ofreciendo datos de referencia para la comparación de nuestros resultados. No obstante, los protocolos de Bangsbo y Dawson son los más difundidos en el ámbito científico, habiéndose demostrado su fiabilidad y validez, lo que supone una mayor disponibilidad de datos de referencia. Después de haber diseñado y aplicado desde nuestra Facultad diferentes tests de resistencia a la velocidad, actualmente estamos utilizando en mayor medida el protocolo de Dawson (1993), ya que cumple con todos los requisitos metodológicos descritos, ofrece la misma información que el Test de Bangsbo (1998) y requiere de un menor aprendizaje que este último.

1.2.4.4. La agilidad en el fútbol.

En el presente apartado se tratará la agilidad como cualidad compleja que engloba tanto a cualidades físicas básicas como a cualidades motrices. Pretenden recopilarse diferentes definiciones de agilidad en el fútbol, para concretar la idea de la cualidad que queremos valorar. Se analizarán diferentes trabajos que han estudiado la influencia de la edad, sexo, nivel de entrenamiento y de rendimiento en la agilidad, con el objetivo de saber si es una cualidad determinante en este deporte. Asimismo, los principales protocolos o tests de agilidad referidos en la literatura que aporten datos de futbolistas también serán descritos, mostrando los valores de referencia que sirvan para llevar a cabo nuestras propias comparaciones. Las principales ventajas e inconvenientes de los protocolos serán comentadas y discutidas, llegando a unas conclusiones sobre las características que debe cumplir un test de agilidad en fútbol.

1.2.4.4.1. Concepto y marco teórico de la agilidad.

Una primera aproximación conceptual puede ser considerar que la agilidad es una cualidad compleja que se sustenta en las capacidades físicas básicas (fuerza, velocidad, flexibilidad, etc.) y en otras cualidades motrices como son la coordinación y el equilibrio. Además de las características propias de las capacidades condicionales (capacidades físicas básicas), la coordinación y el equilibrio añadirían un grado de complejidad, ya que llevan implícitos aspectos perceptivos del esquema corporal, el espacio y el tiempo (Cañizares, 1997). En la Figura-22 se representan esquemáticamente las cualidades de las que depende la agilidad.

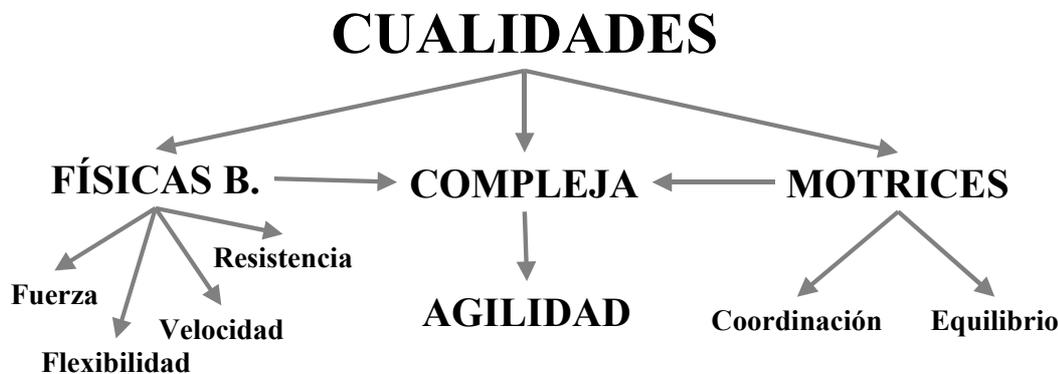


Figura-22.-Cualidades físicas básicas y motrices que integran la agilidad (adapt. de Cañizares, 1997).

Esta definición es bastante amplia, ya que considera que la agilidad puede manifestarse en un instante determinado durante el transcurso del ejercicio o la competición (con lo cual, estaría sustentada en la resistencia), en actividades donde deban vencerse fuerzas externas importantes (estaría sustentada en la fuerza) o que requieran de un cierto grado de movilidad articular (importancia de la flexibilidad). Sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en que la cualidad física básica que más condiciona la agilidad es la velocidad, sobre todo teniendo en cuenta que son dos cualidades muy relacionadas con la intensidad del juego en fútbol (Buttifant y cols., 2002). A continuación se exponen algunas de las definiciones más relevantes sobre la agilidad:

Cañizares (1997) dice que *“la agilidad es aquella cualidad que permite el dominio del cuerpo en el espacio con precisión y velocidad adecuadas”*. *“Es una cualidad que precisa de una perfecta regulación y armonía de las demás cualidades, cualquier déficit en alguna trae como consecuencia un mal nivel de agilidad”*. *“El fútbol... necesita un continuamente de la agilidad porque el jugador debe movilizar todos sus segmentos con soltura y facilidad, en un continuo cambio de posición y dirección de su cuerpo, con la adecuada rapidez y eficacia”*.

O'Dwyer (1988) considera que la agilidad siempre va interrelacionada con la coordinación, por lo que define el concepto agilidad-coordinación como *“la integración de las partes del cuerpo y la interacción de las cualidades del movimiento en una rápida y controlada ejecución de tareas motoras complejas y multidireccionales”*.

Godik y Popov (1996) piensan que la agilidad *“es una de las cualidades más complejas, ya que depende de la precisión de ejecución, de la complejidad coordinativa, y del tiempo de ejecución, de los movimientos”*. Por ello, proponen un amplio glosario de tareas de entrenamiento en fútbol que pretenden mejorar dicha cualidad.

Balsom (1999) la define como *“la habilidad para cambiar rápidamente la dirección del movimiento, y depende de una combinación de factores tales como la velocidad, la fuerza, el equilibrio y la coordinación”*. Aplicado al fútbol, *“durante un partido, con frecuencia se exige a los jugadores que hagan rápidos cambios de dirección”*.

Reilly y Doran (2003) opinan que la naturaleza dinámica del fútbol nos hace tener en cuenta, además de la velocidad, la agilidad. Esta cualidad puede definirse como *“La capacidad para cambiar rápidamente de dirección, regatear y fintar, solicitando la coordinación motora, y pudiendo registrarse durante un test de carreras de agilidad suficientemente estandarizado”*.

Por lo tanto, la importancia de la agilidad en el fútbol viene determinada por la propia naturaleza de esta cualidad, así como por los requerimientos de este deporte, donde se precisan continuamente movimientos rápidos y coordinados de todo el cuerpo, o alguna de sus partes. Numerosos autores han evaluado la agilidad en equipos de fútbol de distintas categorías, llegando a la conclusión de que es una cualidad determinante en su rendimiento (Tumilty, 1993; Balsom, 1999; Reilly y cols., 2000; Reilly y Doran, 2003).

1.2.4.4.2. Metodología para valorar la agilidad.

Existen varios protocolos de tests que permiten evaluar la agilidad, sin embargo, son menos numerosos los que finalmente se han aplicado al fútbol, y que permiten obtener datos de referencia para comparar nuestros resultados. En el presente apartado sólo se van a describir estos últimos, destacando las principales ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, para finalmente proponer los más válidos a la hora de evaluar la agilidad en el fútbol.

Test de agilidad de las 20 yardas (Kirkendall, 2000 y 2002). Es un test adaptado del fútbol americano, que necesita para llevarse a cabo de la colocación de 3 conos alineados y equidistantes cada 5 yardas (4.57 m). El sujeto debe partir desde un cono colocado en el centro, tocándolo con la mano, y tras escuchar la señal de inicio del cronometrador, debe tocar el cono de la derecha, el de la izquierda, y otra vez el del centro (Figura-23). La distancia total recorrida es de 20 yardas (18.28 m) que se recorren en un tiempo orientativo de 5 a 6 segundos. La principal ventaja de este test es que ha sido aplicado para valorar la agilidad en jugadoras jóvenes de fútbol de North Carolina (Kirkendall, 2000), obteniendo valores medios de referencia para las categorías Sub-12 (5.85 s), Sub-14 (5.45 s), Sub-16 (5.34 s) y Sub-18 (5.35 s); así como en jugadoras seniors del Equipo Nacional de Estados Unidos (4.75 s). El principal inconveniente es que valora una agilidad muy específica, con cambios de dirección de 180° (raramente acontecen en el fútbol) e incluyendo la habilidad de tocar el cono con la mano (sin tener en cuenta los pies). Es un test muy similar al 4 x 9 m o tests de los tacos (Cañizares, 1997) propuesto en la Batería Eurofit (test de velocidad-agilidad), pero igual de inespecífico. De este último no encontramos referencias de valoraciones en futbolistas.

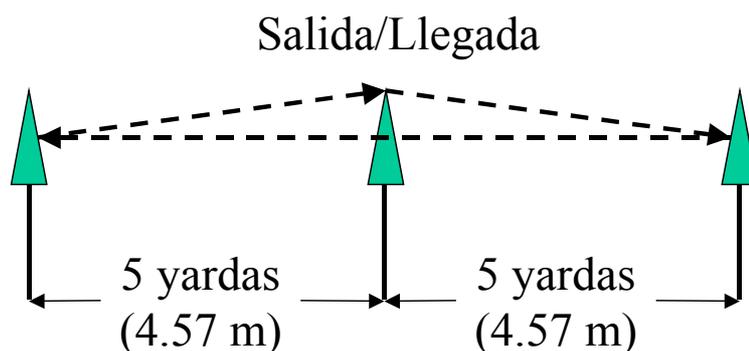


Figura-23.-Test de agilidad de las 20 yardas (adaptado de Kirkendall, 2000).

Test de agilidad de Illinois (Kirkendall, 2000 y 2002). El test de Illinois ha sido introducido en diferentes baterías de valoración de la condición física y las cualidades motrices en el ámbito de la educación física (Davis y cols., 2000), aunque también existen referencias de su aplicación en el fútbol (Kirkendall, 2000 y 2002). Para llevarlo a cabo son necesarios 8 conos (4 para delimitar el rectángulo del circuito y otros 4 situados en el centro del circuito), un cronómetro y una superficie de 10 x 5 m (Figura-24). Los conos centrales deben estar separados entre sí por 3.33 m, y la salida debe realizarse una vez desde el lado izquierdo y otra desde el lado derecho del circuito, anotando la mejor repetición y la media de las dos repeticiones.

Raven y cols. (1976, citado por Tumilty, 1993) evaluaron mediante este protocolo a los jugadores del equipo norteamericano Dallas Tornado, encontrando que sus valores se situaban por encima del percentil 98 respecto a la población general, lo que justificaron por los continuos cambios de dirección, fintas y regates que deben realizar los jugadores de fútbol, mejorando así su agilidad (Reilly y Doran, 2003). Los resultados en este test presentados por Raven y cols. (1976, citados por Tumilty,

1993) fueron de 15.56 s en jugadores de fútbol profesionales de la Liga Americana. White y cols. (1988, citados por Tumilty, 1993) también obtuvieron 15.5 s en jugadores profesionales norteamericanos y 15.3 s en jugadores de Segunda División Inglesa. Getchell (1979) encontró valores de 16.4 s en este mismo tipo de jugadores, justificando el hecho de que pudieran estar en un estado bajo de forma, a pesar de lo cual, se situaban en el percentil 94 respecto a la población normal.

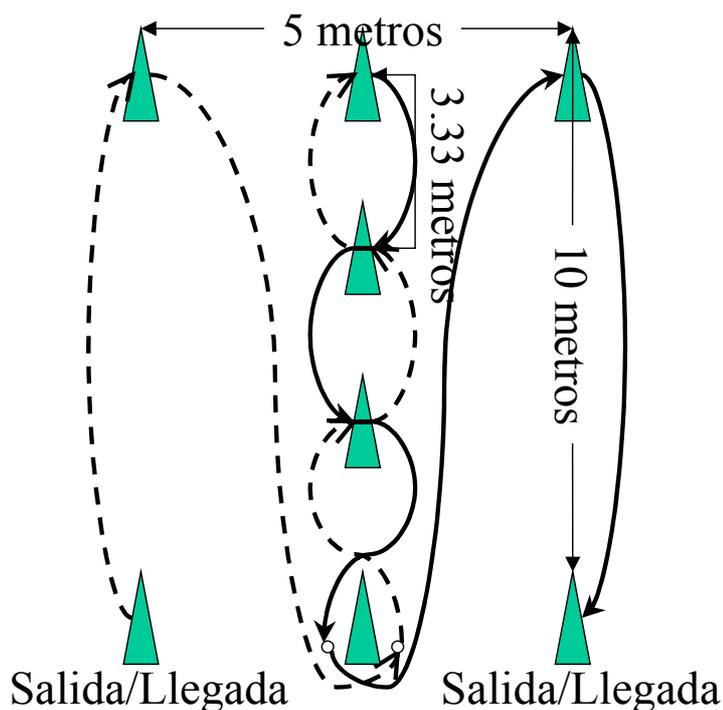


Figura-24.-Test de agilidad de Illinois (adaptado de Kirkendall, 2002).

Parece claro que los jugadores de fútbol obtienen un buen rendimiento en el Test de Illinois. Además, éste ha formado parte de baterías de valoración en escuelas de fútbol y en los equipos nacionales de Estados Unidos (Kirkendall, 2000 y 2002), lo que nos permite llevar a cabo un análisis de sus resultados. En la Figura-25 se muestran los valores medios obtenidos en jóvenes jugadores/as amateurs, menores de 18 años, y en jugadores/as profesionales del Equipo Nacional de Estados Unidos. El análisis de los rendimientos obtenidos en el Test de Illinois refleja que ha sido capaz de distinguir entre sexos (a), edades (b), nivel competitivo (c) y nivel de entrenamiento (d), lo cual, constituye su principal ventaja: a) Los valores en los hombres siempre son menores que en las mujeres, lo cual, es bastante lógico. b) Los tiempos disminuyen a medida que se pasa de una categoría a la superior, a excepción del equipo Sub-18 femenino, que presenta valores ligeramente superiores (no discutidos por el autor). c) Existe una gran diferencia (unos 2 s) entre el rendimiento de los jugadores/as amateurs y profesionales. d) En las fases de concentración de los equipos nacionales estadounidenses, el test fue sensible al entrenamiento, con tiempos de 16.06 s al inicio de una concentración de 10 semanas, que disminuían (5%) hasta 14.79 s al final de la misma.

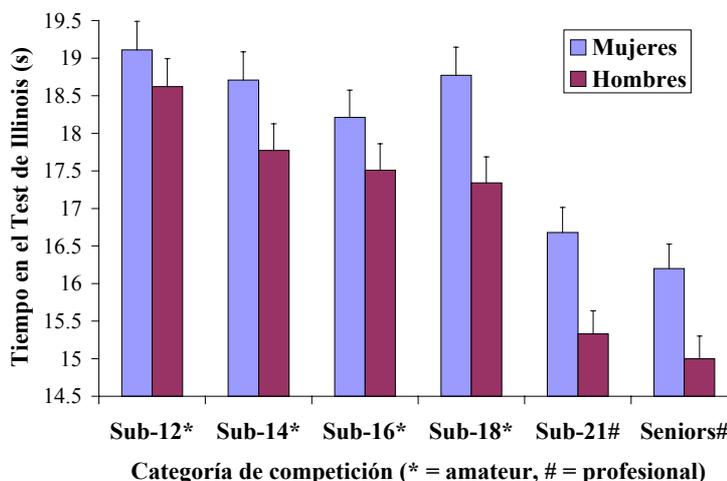


Figura-25.-Resultados medios obtenidos en el Test de Illinois cuando se ha aplicado en equipos de categorías inferiores (amateur) y de nivel internacional (profesional) (adaptado de Kirkendall, 2002).

Los principales inconvenientes del Test de Illinois son comunes a los comentados para el Test de Agilidad de 20 yardas, pero además, debemos tener en cuenta los factores duración y velocidad de la prueba. Recientemente se ha demostrado que debido a la duración del test (casi siempre superior a 15 s), se están implicando cualidades condicionales como la resistencia anaeróbica más que la agilidad, encontrándose altas correlaciones entre los resultados en el Test de Illinois y los resultados de un test que valora dicha cualidad. En el mismo trabajo, se relacionó el rendimiento en el Test de Illinois con el de una prueba de velocidad de 30 m, encontrándose también correlaciones significativas. Estos resultados alertan de la dificultad de aislar una cualidad compleja como es la agilidad, sustentada en otras cualidades físicas y motrices. Partiendo de esta hipótesis se plantean los trabajos de Buttifant y cols. (2002) en relación con que la agilidad y la velocidad son dos parámetros de rendimiento diferentes; cuestión que se comenta a continuación.

Test 505 y Test de agilidad de 20 m (Buttifant y cols., 2002). La velocidad y la agilidad son dos cualidades que tradicionalmente se han asociado de manera errónea, de hecho, muchas habilidades del fútbol pueden necesitar de la agilidad y no de la velocidad. En este sentido, trabajos previos de Draper y Lancaster (1985) han demostrado que el Test de Illinois se relaciona con el rendimiento en pruebas aceleración y de velocidad, mientras que otros tests de agilidad (test 505) no se relacionan con la velocidad, pero sí pueden hacerlo con la aceleración.

El Test de agilidad 505 (Figura-26) se realiza colocando tres referencias (0-10-15 m) en una línea del campo; el deportista debe correr en el tramo 0-10 m a la velocidad que le permita realizar el menor tiempo posible en los tramos 10-15 m y 15-10 m, cronometrando pues el tiempo empleado en recorrer 10 m con cambio de dirección y sentido. Para el cronometraje suelen utilizarse células fotoeléctricas, y de la misma manera, se pide a los deportistas que ajusten la pisada a la línea de los 15 m para perder el menor tiempo posible. Se realizan dos intentos, pivotando con ambas piernas, y obteniendo así el mejor tiempo y la media de los dos intentos. El principal

inconveniente de este protocolo, además de los que se han reseñado, es que no se corresponde con la agilidad necesaria en algunos deportes.

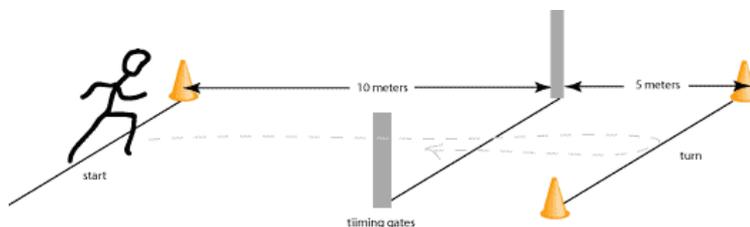


Figura-26.-Test de agilidad 505 (referido por Buttifant y cols., 2002).

El Test de agilidad de 20 m (Figura-27) se realiza colocando 6 balizas o picas de 1.3 m de altura separadas entre sí 4 metros y determinando un recorrido en zig-zag de 20 m. El futbolista debe recorrer en el menor tiempo posible los 20 m con cambios de dirección. El cronometraje puede llevarse a cabo manualmente o con células fotoeléctricas. Se realizan dos intentos, variando la situación de la primera baliza a la izquierda y derecha de los sujetos, y obteniendo así el mejor tiempo y la media de los dos intentos. El principal inconveniente de este test es que no se estandarizan los cambios de dirección, ya que no encontramos referencias sobre la separación lateral de las balizas, lo cual, es un factor muy importante. La principal ventaja del mismo es que ha demostrado ser bastante reproducible, y no relacionarse con la velocidad, cuestiones que fueron analizadas por Buttifant y cols. (2002).

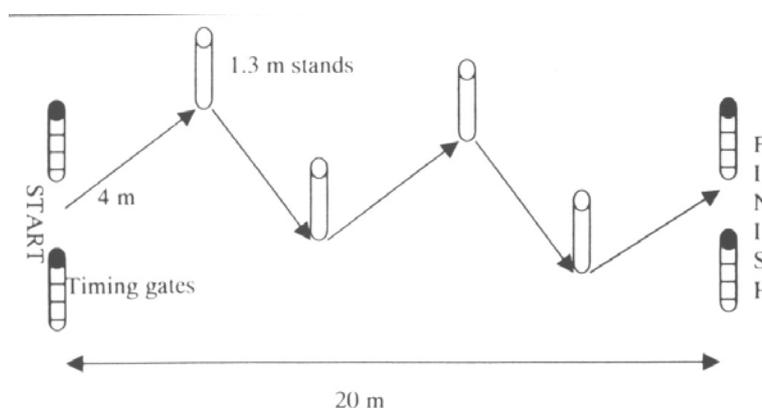


Figura-26.-Test de agilidad de 20 m (original de Buttifant y cols., 2002)

Buttifant y cols. (2002) llevaron a cabo, en dos sesiones de entrenamiento diferentes, la valoración de la agilidad y la velocidad en un grupo de 21 futbolistas juniors de alto nivel. Para ello realizaron 2 tests de carrera de 20 m (T20m), anotando el mejor rendimiento obtenido, y 2 tests de agilidad de 20 m (derecha e izquierda), anotando el tiempo medio de ambos (AM) y la agilidad derecha(AD)/izquierda(AI). Estos autores calcularon además la diferencia de tiempo entre el test de agilidad derecha y el test de velocidad en 20 m (AD-T20m), haciendo lo mismo con los resultados del test de agilidad izquierda (AI-T20m). Obtuvieron así valores medios (\pm EEM), mínimos y máximos en los jugadores analizados cuando realizaron T20m (3.01 ± 0.02 , 2.84 y 3.13 s), AI (6.23 ± 0.16 , 5.96 y 6.57 s), AD (6.12 ± 0.16 , 5.82 y 6.56 s) y AM (6.13 ± 0.16 , 5.89 y 6.57 s).

Los datos más relevantes del estudio se reflejan en la Tabla-9, ya que T20m no se correlaciona con la agilidad (AI, AD y AM), ni tampoco con la diferencia entre ésta y la velocidad (AI-T20m y AD-T20m), lo que indica la independencia de ambas cualidades a la hora de utilizar el test de agilidad de 20 m. De igual manera, AI y AD se relacionan específicamente con AI-T20m y AD-T20m, cuestión que no se manifiesta en T20m, lo que indica que la diferencia de tiempos entre agilidad-velocidad (ambos recorridos de 20 m) depende de la agilidad, y no de la velocidad. Buttifant y cols. (2002) estiman que la contribución de la velocidad en dicho test es inferior al 10%, mientras que hay otros factores que justifican el 90% restante (la habilidad para reaccionar, decelerar, anticipar la fase excéntrica en los cambios de dirección, etc.), todos ellos, ligados a la agilidad. Por lo tanto, puede aceptarse que el test de agilidad de 20 m es capaz de diferenciar entre los dos parámetros mencionados.

	T20m	AI	AD	AM	AI-T20m
AI	0.092				
AD	0.093	0.481			
AM	0.109	0.849	0.844		
AI-T20m	0.049	0.742	0.299	0.587	
AD-T20m	0.051	0.297	0.735	0.578	0.461

Tabla-9.-Correlación entre las variables obtenidas en el test de agilidad de 20 m y los resultados del test de velocidad de 20 m. Test de agilidad de 20 m: AI= Agilidad izquierda; AD= Agilidad derecha; AM= Agilidad media; AI-T20m= Diferencia de tiempos entre AI y T20m; AD-T20m= Diferencia de tiempos entre AD y T20m. Test de velocidad de 20 m: T20m= Tiempo empleado en recorrer 20 m. (adaptado de Buttifant y cols., 2002).

Test de agilidad de 20 y 30 m con conducción de balón (Sáenz y cols., 1997). En la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte hemos llevado a cabo experiencias similares a las referidas por Buttifant y cols. (2002), empleando tests de agilidad de 20 m (20 futbolistas de 2ª División B) y 30 m (90 futbolistas de categorías alevín, infantil, cadete y juvenil) con cambios de dirección, realizados con y sin balón. Adicionalmente, en cada uno de los grupos de futbolistas, también se utilizaron protocolos para valorar la velocidad en 20 y 30 m. El test de 20 m se realizaba tal y como se indica en la Figura-27, partiendo desde una línea determinada por dos picas y realizando cambios de dirección cada 5 m. El sujeto debía colocarse 1 m detrás de la línea de salida, y a la señal del evaluador, empezaba el test corriendo o conduciendo el balón. Se consideraba intento nulo durante el test de conducción si el futbolista no atravesaba la línea de llegada con el balón controlado. Para el cronometraje se utilizaron dos parejas de células fotoeléctricas. Tras el test de velocidad en 20 m, se realizó dos veces el test de agilidad sin balón y otras dos con balón, anotando el mejor valor de cada uno de los tres tests. A diferencia del test de 20 m referido por Buttifant y cols. (2002), se estandarizó la separación entre las picas, que fue de 8 m en sentido antero-posterior y de 3 m en sentido medio-lateral. El test de agilidad de 30 m era similar al 20 m, añadiendo 2 cambios de dirección.

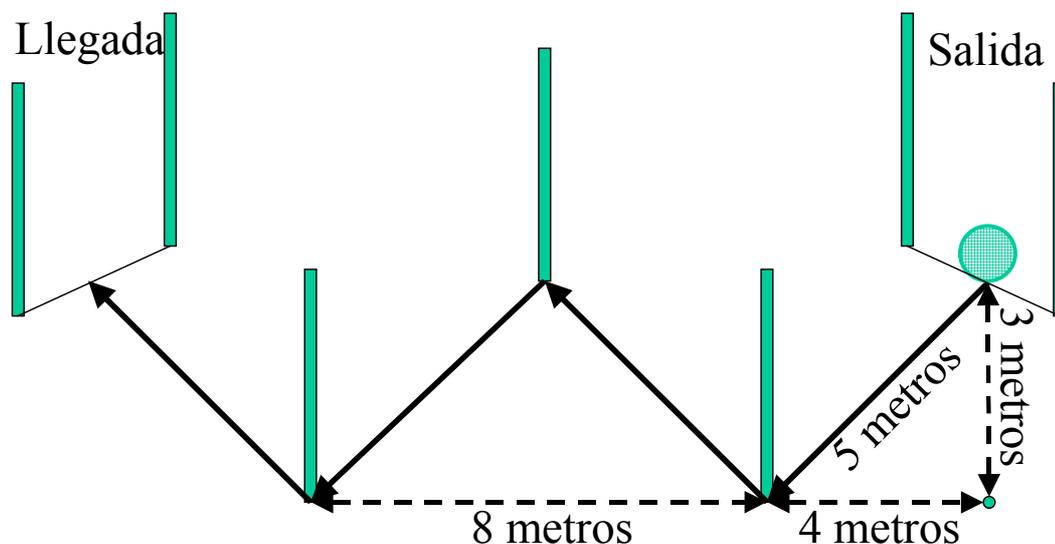


Figura-27.-Test de agilidad de 20 m con y sin conducción de balón (Sáenz y cols., 1997).

Los resultados del test de velocidad y los tests de agilidad con/sin balón en 20 m se observan en la Tabla-10. Al contrario de lo descrito por Buttifant y cols. (2002), el tiempo empleado en el test de agilidad de 20 m sin conducción de balón (AS) se correlaciona significativamente ($r= 0.49$ y $p<0.05$), aunque de manera poco intensa, con el test de velocidad en 20 m (T20m). No ocurre lo mismo con el tiempo empleado en el test de agilidad de 20 m sin conducción de balón (AB), que no muestra ninguna relación con T20m ($r=0.03$ y $p>0.05$). Observando la columna AB, destacamos que este test sólo se relaciona con las diferencias en el rendimiento entre él mismo y el test de 20 m (AB-T20m) y el test sin conducción de balón (AB-AS) ($r= 0.95$ y 0.89 , $p<0.001$, respectivamente), no así con AS ($r= 0.25$ y $p> 0.05$), ni tampoco con AS-T20m ($r= 0.26$ y $p>0.05$). De igual manera, AB-T20m sólo presenta relaciones significativas con AB-AS ($r=0.91$ y $p<0.001$), y no con T20m ni con AS. Por lo tanto, parece claro que la agilidad con balón no se relaciona con la agilidad sin balón ($r=0.25$ y $p>0.25$), dependiendo esta última mucho más de la velocidad que la primera. En este sentido, quizás los tests de agilidad deberían introducir gestos técnicos específicos del deporte que se analiza, como es el caso del fútbol.

	T20m (2.89±0.07s)	AB (4.82±0.20s)	AS (3.88±0.10s)	AB-T20m (1.93±0.21s)	AS-T20m (0.98±0.09s)	AB-AS (0.94±0.20s)
AB	0.03					
AS	0.49	0.25				
AB-T20m	-0.28	0.95	0.09			
AS-T20m	-0.21	0.26	0.75	0.31		
AB-AS	-0.20	0.89	-0.23	0.91	-0.10	

Tabla-10.-Valores medios±EEM (n= 20 juradores de 2ª División B) y correlación ($p<0.05$ en negrita) entre las variables obtenidas en los tests de velocidad y agilidad de 20 m. Test de velocidad de 20 m: T20m= Tiempo empleado en recorrer 20 m. Test de agilidad de 20 m: AB= Agilidad con balón; AS= Agilidad sin balón; AB-T20m= Diferencia de tiempos entre AB y T20m; AS-T20m= Diferencia de tiempos entre AS y T20m; AB-AS= Diferencia de tiempos entre AB y AS.

Los correlaciones entre el test de velocidad y los tests de agilidad con/sin balón en 30 m se observan en la Tabla-11. Son muy similares a las del test de agilidad de 20 m, a excepción de que el test de agilidad con balón (AB) se relaciona significativamente ($r= 0.55$ y $p<0.05$) con el test de velocidad en 30 m (T30m), lo cual, puede deberse a la mayor distancia empleada, aumentando el tiempo de la prueba, y haciendo que ambos tests se relacionen de manera más intensa. Otra diferencia importante es que AB se relaciona significativamente ($r= 0.68$ y $p<0.01$) con el test de agilidad sin balón (AS), lo cual, se debe también al hecho de aumentar el tiempo de prueba.

	T30m	AB	AS	AB-T30m	AS-T30m	AB-AS
AB	0.55					
AS	0.77	0.68				
AB-T30m	0.17	0.92	0.43			
AS-T30m	-0.10	0.34	0.56	0.45		
AB-AS	0.23	0.88	0.25	0.93	0.09	

Tabla-11.-Correlación ($n= 91$ juradores alevines, infantiles, cadetes y juveniles) entre las variables obtenidas en los tests de velocidad y agilidad de 30 m ($p<0.05$ en negrita). Test de velocidad de 30 m: T30m= Tiempo empleado en recorrer 30 m. Test de agilidad de 30 m: AB= Agilidad con balón; AS= Agilidad sin balón; AB-T30m= Diferencia de tiempos entre AB y T30m; AS-T30m= Diferencia de tiempos entre AS y T30m; AB-AS= Diferencia de tiempos entre AB y AS.

Los valores medios y desviaciones obtenidas en jugadores alevines, infantiles, cadetes y juveniles, al utilizar el test de velocidad de 30 m y los tests de agilidad con/sin balón de 30 m se observan en la Tabla-12. Destacamos que el tiempo en el test de velocidad de 30 m (T30m) mejora significativamente entre todas las etapas, de la misma manera que el test de agilidad con balón (AB) y sin balón (AS). Sin embargo, las mejoras son mayores en AS que en AB, lo que provoca que la diferencia entre ambos (AB-AS) no mejore significativamente entre las etapas cadete y juvenil (Figura-28). Estos resultados refuerzan la idea de que los tests de agilidad deberían introducir gestos técnicos específicos del fútbol, ya que posiblemente, el nivel de dominio técnico en la conducción se estabilice en la muestra analizada entre las etapas cadete y juvenil. De hecho, para la detección de talentos en fútbol, algunos autores proponen utilizar tests de agilidad que incluyan gestos técnicos como el dribbling o conducción de balón en zig-zag, obteniendo así diferencias significativas entre jugadores juveniles de élite y sub-élite (Reilly y cols., 2000).

	T30m	AB	AS	AB-T30m	AS-T30m	AB-AS
Juvenil	4.08±0.17	11.64±0.95	8.65±0.44	7.56±0.92	4.57±0.41	3.00±0.87
Cadete	4.57±0.34	12.05±0.69	9.15±0.50	7.47±0.69	4.58±0.29	2.90±0.59
Infantil	4.78±0.27	12.83±1.15	9.48±0.47	8.06±1.11	4.70±0.38	3.35±1.05
Alevín	5.22±0.75	13.95±1.31	10.00±0.43	8.73±1.16	4.78±0.52	3.95±0.97

Tabla-12.-Valores medios y desviaciones estándar ($n= 91$ juradores alevines, infantiles, cadetes y juveniles) de las variables obtenidas en los tests de velocidad y agilidad de 30 m. Test de velocidad de 30 m: T30m= Tiempo empleado en recorrer 30 m. Test de agilidad de 30 m: AB= Agilidad con balón; AS= Agilidad sin balón; AB-T30m= Diferencia de tiempos entre AB y T30m; AS-T30m= Diferencia de tiempos entre AS y T30m; AB-AS= Diferencia de tiempos entre AB y AS.

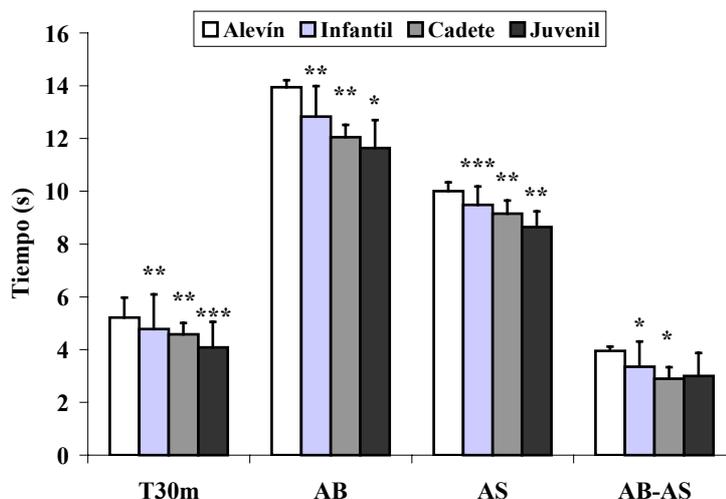


Figura-28.-Comparación de los valores obtenidos en el test de velocidad de 30 m (T30m), el test de agilidad de 30 m con conducción de balón (AB), el test de agilidad de 30 m sin conducción de balón (AS) y la diferencia entre ambos test de agilidad (AB-AS), en jóvenes jugadores de fútbol (n= 91 jugadores alevines, infantiles, cadetes y juveniles). Niveles de significación de las diferencias: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

En conclusión, la agilidad se ha definido como una cualidad compleja, resultado de la combinación de las cualidades físicas básicas (fundamentalmente la velocidad) y las cualidades motrices (fundamentalmente la coordinación). La agilidad es importante en fútbol, ya que la mayoría de los autores coinciden en que determina la capacidad de los jugadores para cambiar de dirección, regatear, fintar, etc. Además, esta hipótesis se ve reforzada por el hecho de encontrarse diferencias significativas en los valores de los tests de agilidad en función de la edad, el sexo, el nivel de entrenamiento y el nivel de rendimiento. Se han descrito diferentes protocolos que permiten valorar la agilidad, mostrándose en todos ellos valores de referencia para jugadores/as de fútbol. Los principales inconvenientes generales de los tests de agilidad son: a) No aislar las cualidades velocidad y agilidad; b) Excesiva duración, influyendo las capacidades metabólicas de los sujetos más que la agilidad; c) Inespecificidad del protocolo, con acciones físicas (cambios de dirección y sentido) que no son propias del fútbol; d) No incluir gestos técnicos específicos de este deporte. Aunque el Test de Illinois es el más referido en la literatura científica, no cumple con la mayoría de las características que se han comentado. El test de agilidad de 20 m en tramos de 4 m (Buttifant y cols., 2002) es el único que se ha estudiado desde el punto de vista de la validez y la fiabilidad; sin embargo, no se tiene constancia de la posterior utilización del mismo. Otros tests de agilidad de 20 y 30 m en tramos de 5 m han sido utilizados en nuestro centro (Sáenz y cols., 1997), aportando como novedad la inclusión del gesto técnico de la conducción en zig-zag; sin embargo, posteriores trabajos deben analizar la reproducibilidad de ambos tests, y disminuir la dependencia o interrelación entre la velocidad y el test de 30 m.

1.2.4.5.-Resumen final.

El análisis de los esfuerzos llevados a cabo por los futbolistas durante el partido indica que, en los últimos años, más que aumentar la distancia total recorrida, aumentaron las distancias realizadas a la máxima intensidad, así como el número de acciones explosivas y de velocidad de un partido. Por lo tanto, la velocidad se define como una cualidad determinante del rendimiento en este deporte, que debe ser estudiada por todos aquellos que prestamos apoyo científico y técnico a este deporte.

Existiría la posibilidad de cuantificar la velocidad de un jugador durante el desarrollo de un partido utilizando sistemas de baja (planillas de observación, grabaciones de audio, etc.), media (podómetros, pulsómetros, etc.) o alta precisión (fotogrametría 2D y GPS). Sin embargo, a día de hoy, o los análisis son muy laboriosos (fotogrametría 2D), o se introducen errores importantes que no nos permiten discriminar entre buenos y malos resultados en esta cualidad, su evolución a lo largo de un partido, etc. (es un inconveniente común a todos los sistemas). En este sentido, una buena alternativa de futuro sería la mejora de la precisión en los GPS diferenciales, su miniaturización y acople a otros sistemas de registro (por ejemplo, de la frecuencia cardíaca). Sin duda, este hecho abriría nuevas líneas de investigación en fútbol y mejoraría el control y planificación del entrenamiento, ya que los volúmenes e intensidades de las sesiones de trabajo serían registrados con una exactitud extrema (no es posible actualmente).

Mientras no se consigan mejorar los instrumentos de análisis de la velocidad en el juego, para valorar esta cualidad se sigue recurriendo al empleo de tests de condición física estandarizados. Estos tests nos permiten valorar, sobre todo, la velocidad de desplazamiento del futbolista en condiciones de aceleración, velocidad máxima y velocidad resistencia. La velocidad de desplazamiento más específica del futbolista es la aceleración, ya que la mayoría de los sprints de un partido se realizan sobre distancias que oscilan entre 0-15 m. Cuando pretende medirse la velocidad de desplazamiento del futbolista deben tenerse en cuenta factores metodológicos que afectan a la fiabilidad de la medición, como el tipo de fotocélulas utilizadas, la colocación de las mismas, estandarización de la salida, distancia a medir, número de repeticiones a realizar, etc. Una vez que somos capaces de valorar correctamente la velocidad de nuestros futbolistas, nos encontramos con el problema de comparar los resultados obtenidos; en este sentido, se han reflejado valores de referencia para futbolistas de distintas edades y niveles competitivos.

El entrenamiento de pretemporada en fútbol mejora, sobre todo, la velocidad de aceleración, que es la más específica; por ello, se ha tomado como test de velocidad más estandarizado el de aceleración en 20 m. Los resultados en este test mejoran con la edad, hasta los 18 años; y a partir de este momento, también evolucionan según el nivel de práctica de fútbol, obteniendo diferencias significativas entre las categorías de 3ª (2.99±0.01 s), 2ª B (2.92±0.01) y 1ª División (<2.90 s). La revisión bibliográfica llevada a cabo en el presente trabajo y nuestra experiencia en este campo nos ha permitido establecer cuatro niveles de rendimiento para jugadores seniors profesionales, semiprofesionales y amateurs; y también para jugadores de

categorías inferiores juvenil, cadete, infantil y alevín. Se ha demostrado que también existe influencia de la posición ocupada en el campo en el rendimiento en fuerza explosiva y velocidad, con mejores valores en capacidad de aceleración de los defensas centrales, jugadores de las bandas, porteros y mediocampistas. Por lo tanto, conociendo esto, tenemos la posibilidad de reajustar los cuatro niveles de valoración citados en función de la posición que nuestros jugadores ocupan en el campo.

Posiblemente la velocidad de aceleración no sea la única manifestación de la velocidad sensible al nivel de rendimiento, ya que cuando ésta se asocia a la resistencia (resistencia a la velocidad) observamos que son los jugadores de mayor nivel los que presentan una mayor capacidad de realizar carreras cortas a la máxima intensidad. Por eso, en los últimos tiempos se está valorando la capacidad de los jugadores para realizar sprints a la máxima intensidad con la mínima fatiga. Los fundamentos fisiológicos de esta cualidad están bastante claros, y se han relacionado con la capacidad aeróbica y anaeróbica del futbolista. Los criterios metodológicos para llevar a cabo un test de campo de resistencia a la velocidad todavía se están investigando en la actualidad, aunque puede decirse que el volumen total de carrera no debe sobrepasar los 300 m, el número de repeticiones debe ser entre 6 y 8, las distancias de sprint entre 30 y 40 m, las recuperaciones en torno a los 30 s y los índices de fatiga deben expresarse en valores absolutos. Es necesario, sin embargo, unificar criterios sobre el protocolo a utilizar, para poder así establecer comparaciones entre diferentes grupos de futbolistas. La descripción, valores de referencia, ventajas e inconvenientes de los tests de campo que evalúan la resistencia a la velocidad en el futbolista son tratados en el presente trabajo, inclinándonos por la utilización del Test de Dawson (6 repeticiones de 40 m con un descanso de 30 s entre repeticiones).

La agilidad es una cualidad compleja capaz de distinguir entre futbolistas de diferentes edades, sexos y niveles de rendimiento. Aunque en ella influyen todas las cualidades físicas básicas (flexibilidad, fuerza, resistencia y velocidad) y las cualidades motrices (coordinación y equilibrio), podemos decir que es una cualidad derivada fundamentalmente de la velocidad y la coordinación. La mayoría de las acciones del fútbol, como regatear, cambiar de dirección, fintar, etc. dependen de la agilidad; por eso, es importante su correcta valoración. En la literatura encontramos diferentes tests que han sido aplicados a futbolistas, y por ello, describimos los protocolos y presentamos los valores de referencia. Quizás el protocolo más utilizado en fútbol es el de Illinois, a través del cual se ha descrito a 1 futbolista como un deportista con altos niveles de agilidad. Sin embargo, recientes trabajos han demostrado que es difícil aislar las cualidades de velocidad y agilidad, por lo que se plantean otros protocolos alternativos al Test de Illinois, de menor duración y con mayor especificidad de las acciones físicas, en un intento de valorar sólo la agilidad, y no la velocidad. La carencia de los protocolos actuales es que no incluyen acciones técnicas propias del fútbol, por lo que se plantea que, partiendo del mismo diseño, se utilicen tests con acciones de regate, conducción, etc. Con estos tests se conseguirían valorar las mejoras o estancamientos en las habilidades específicas del fútbol conforme avanzamos en las categorías de formación.

1.2.4.6.-Bibliografía.

1.2.4.6.1.-Bibliografía básica.

- Aguado, X. (1991). "Cuantificación de los desplazamientos del jugador de hockey sobre patines en la competición". *Apuntes: Educación Física y Deportes*. 23: 71-76.
- Aziz, A.R.; Chia, H.; Tech, K.C. (2000). "The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players". *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 40:195-200.
- Balsom, P. (1999). "La evaluación del rendimiento físico". En Ekblom, B. (Ed.) "Manual de las ciencias del entrenamiento: Fútbol". Ed. Paidotribo. Barcelona: 113-133.
- Barbero, J.C. y Soto, V.M. (2002). "Aplicación práctica de un sistema fotogramétrico para el análisis de los desplazamientos durante la competición en deportes de equipo". En Hernández y cols. (Eds.) "Libro de comunicaciones del II Congreso de Ciencias del Deporte (Volumen II)". Ed. INEF de Madrid, Madrid.
- Buttifant, D.; Graham, K.; Cross, K. (2002). "Agility and speed in soccer players are two different performance parameters". En Spinks y cols. (Eds.) "Science and Football IV". Ed. Routledge, Taylor & Francis Group, Great Britain: 329-332.
- Cañizares, J.M. (1997). Fútbol: Fichas para el entrenamiento de la velocidad y agilidad. Ed. Wanceulen, Cádiz.
- Coque, I. y Morante, J.C. (2002). "El entrenamiento de la velocidad por medio de estímulos técnico-tácticos: aplicación al baloncesto". *Rendimientodeportivo.com*, Nº 3. Disponible en <<http://www.RendimientoDeportivo.com/N003/Artic016.htm>> [Consulta: 02/01/04].
- Dawson, B.; Fitzsimons, M.; Ward, D. (1993) "The relationship of repeated sprint ability to aerobic power and performance measures of anaerobic work capacity and power". *Austr. J. Sci. Med. Sport*. 25 (4): 88-93.
- Dorado, C.; Sanchís, J.; Chavarren, J.; López, J.A. (1997). "Efectos de la administración de suplementos de creatina sobre el rendimiento". *Archivos de Medicina del Deporte* 14(59): 213-221.
- DSD (2001). "DSD Laser System". Desarrollo de Software Deportivo (DSD), León, España. <<http://www.dsd.es/dsdlaser.htm>> [Consulta: 17/07/01].
- Edwards, A.M.; Macfadyen, A.M.; Clark, N. (2003). "Test performance indicators from a single soccer specific fitness test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players". *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 43: 14-20.
- Fitzsimons, M.; Dawson, B.; Ward, D.; Wilkinson, A. (1993). "Cycling and running test of repeated sprint ability". *Austr. J. Sci. Med. Sport*. 25 (4): 82-87.
- García, J., Villa, J.G., Morante, J.C., Moreno, C. (2001). "Influencia del entrenamiento de pretemporada en la fuerza explosiva y velocidad de un equipo

- profesional y otro amateur de un mismo club de fútbol”. *Apunts: Educación Física y Deportes*. 63: 46 – 52.
- Helgerud, J.; Engen, L.C.; Wisloff, U.; Hoff, J. (2001). “Aerobic endurance training improves soccer performance”. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33 (11): 1925-1931.
- Hernández, J. (2001). “Análisis de los parámetros espacio y tiempo en el fútbol sala. La distancia recorrida, el ritmo y dirección de desplazamiento del jugador durante un encuentro de competición”. *Apunts: Educación Física y Deportes*. 65: 32-44.
- Kirkendall, D.T. (2002). “TESTING – Men’s National Teams”. *Newsoccer*. <<http://www.nscac.com>> [Consulta: 17/07/04].
- Kirkendall, D.T. (2000). “Field assessment of fitness for soccer: a study of highly skilled youth and national team members”. <http://cariari.ucr.ac.cr/~edufiucr/Congresos_Simposios/CongresoFutbol/ICongreso/kirkendalld2.htm>. [Consulta: 17/07/04].
- Le Gall, F.; Beillot, J.; Rochcongar, P. (2002). “Évolution de la puissance maximale anaérobie au cours de la croissance chez le footballeur”. *Science & Sports*. 17: 177-188.
- Moreno, M. (1993). “Consideraciones a las tendencias del fútbol actual”. *Rev. Entrenador Español*. 57: 24-29.
- Portolés, J. (1994). “Test de campo en el fútbol”. *Actualizaciones en Fisiología del Ejercicio*. 2 (2): 47-60.
- Rico-Sanz, J. (1997). “Evaluaciones de rendimiento en futbolistas”. *Archivos de Medicina del Deporte*. 14 (59): 207-212.
- Rubio, I.; Rodríguez, J.A.; García-López, J.; Fernández, G.; Ávila, C.; Villa, J.G. (2002a). “Análisis de varios protocolos que tratan de valorar la cualidad integral ‘resistencia a la velocidad’ ”. En “CD de Actas del Congreso Científico Internacional de Fútbol de Salamanca 2002”. Ed. Comunicación y Deporte, S.L., Salamanca.
- Rubio, I.; Rodríguez, J.A.; Fernández, G.; Ávila, C.; Villa, J.G. (2002b). “Diseño de un test de resistencia a la velocidad y su relación con otras cualidades en futbolistas”. En “CD de Actas del Congreso Científico Internacional de Fútbol de Salamanca 2002”. Ed. Comunicación y Deporte, S.L., Salamanca.
- Sevillano, J.M.; Peleteiro, J.; Rodríguez, J.A.; Presa, J. L.; de Paz, H.; García López, J. (2002). “Valoración de los efectos de una pretemporada en equipos de fútbol, mediante la aplicación de una batería de test”. *RendimientoDeportivo.com*, Nº 2 <<http://www.RendimientoDeportivo.com/N002/Artic008.htm>> [Consulta: 11/11/02].
- Sport Universal (2002). “Technology Amisco System”. Disponible en <http://www.tacticpro.com/sport_universal_com/WEB/INDEX1.htm> [Consulta: 22/11/02].

- Terrier, P. y Schutz, Y. (2003). "Variability of gait patterns during unconstrained walking assessed by satellite positioning (GPS)". *Eur J Appl Physiol.* 90: 554-561.
- Tumilty, D. (1993). "Physiological characteristics of elite soccer players". *Sports Med.* 16 (2): 80-96.
- Villa, J.G.; García, J.; Morante, J.C.; Moreno, C. (1999). "Perfil de fuerza explosiva y velocidad en futbolistas profesionales y amateurs". *Archivos de Medicina del Deporte.* 16 (72): 315-324.
- Weineck, E.J. (1997). *Fútbol Total: El entrenamiento físico del futbolista (Vol. II)*. Ed. Paidotribo, Barcelona: 247-316.
- Wragg, C.B.; Maxwell, N.S.; Doust, J.H. (2000). "Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability". *Eur. J. Appl. Physiol.* 83:77-83.
- Yeadon, M.R.; Kato, T.; Kerwin, D.G. (1999) "Measuring running speed using photocells". *J. Sports Sci.* 17: 249-257.

1.2.4.6.2.-Bibliografía complementaria.

- Aguado, X. y Lloveras, P. (1987). "Estudi espacial de joc". *Apunts: Educación Física y Deportes.* 7: 65-70.
- Aguado, X. y Riera, J. (1989). "Mesura del treball del waterpolista durant la competició". *Apunts: Educación Física y Deportes.* 15: 4-9.
- Arakawa, K. (1992). "Estudio Biomecánico de la carrera de descenso en el entrenamiento del sprint". *Rev. Dep. y Documentación.* 5 (24): 48-52.
- Balsom, P. (1993) "Test de campo para evaluar la capacidad de aceleraciones repetidas de los jugadores de fútbol". *RED* 7(2): 35-40.
- Balsom, P.D.; Seger, J.Y.; Jodin, B.S.; Ekblom, B. (1992a). "Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise". *Eur. J. Appl. Physiol.* 60:144-149.
- Balsom, P.D.; Seger, J.Y.; Jodin, B.S.; Ekblom, B. (1992b). "Maximal-intensity intermittent exercise:Effect of recovery duration". *Int. J. Sports Med.* 13 (7):528-533.
- Bangsbo, J. (1994). "The physiology of soccer". *Acta Physiol. Scand.* 5 (S619): 91-155.
- Bangsbo, J. (1998). *El entrenamiento de la condición física en el fútbol*. Ed. Paidotribo, Barcelona: 88-93.
- Bell, G.J.; Snyder, G.D.; Davies, D.S.; Quinney, H.A. (1997) "Relationship between aerobic fitness and metabolic recovery from intermittent exercise in endurance athletes". *Can. J. Appl. Physiol.* 22 (1): 78-85.

- Benezis, Ch.; Simaray, J.; Simon, L. (1986). *L'enfant, l'adolescent et le sport*. Ed. Masson, Paris .
- Bogdanis, G.; Nevill, M.E.; Boobis, L.H.; Lakomy, H.K.A. (1996) "Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise". *J. Appl. Physiol.* 80 (3): 876-884.
- Bosco, C. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Ed. Paidotribo, Barcelona.
- Brewer, J.; Davis, J.A. (1991). "A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players". *J. Sports Sci.* 10: 146-147.
- Brizuela, G. (1996). "Biomecánica del salto de altura". *Serie ICD.* 12: 87-136.
- Brooks, S.; Nevill, M.E.; Meleagros, L.; Lakomy, H.K.; Hall, G.M.; Bloom, S.R.; Williams, C. (1990) "The hormonal responses to repetitive brief maximal exercise in humans". *Eur. J. Appl. Physiol.* 60: 144-148.
- Castellano, J.; Urrestrilla, J.; Zubillaga, A. (1996). "Cuantificación del esfuerzo físico del jugador de fútbol en competición". *Training Fútbol.* 7: 27-41.
- Cazorla, G. y Farhi, A. (1998). "Football: Exigences physiques et physiologiques actuelles" *Revue E.P.S.* 273: 60-66.
- Chiang, M.T.; Latorre, P.; Zapata, E.; Olmos, A. (1991). "Predicción de la potencia anaeróbica máxima en escolares a través de la carrera de 30 mts Apuntes: Educación Física y Deportes. 25: 23-31.
- Colli, R. y Faina, M. (1987). "Investigación sobre el rendimiento en basket". *RED.* 1 (2): 3-10.
- Cometti, G. (2001). "Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players". *Int. J. Sports Med.* 22 (1): 45-51.
- Cuadrado, J. (1996). "Enfoque y metodología para el entrenamiento de la velocidad en el fútbol". *Training Fútbol.* 9: 17-23.
- Davis, B.; Bull, R.; Roscoe, J.; Roscoe, D. (2000). *Physical education and the study of sport*. Ed. Mosby, EEUU.
- Dawson, B.; Goodman, C.; Lawrence, S.; Preen, D.; Polglaze, T.; Fitzsimons, M.; Fournier, P. (1997) "Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts". *Scand. J. Med. Sci. Sport.* 7: 206-213.
- Delecluse, C. (1997). "Influence of Strength Training on Sprint Running Performance". *Sports Med.* 24 (3) 147-156.
- Delecluse, C. Herman, V. C. Eustache, W. Mark, V. L. Diels, R.; Goris, M. (1995). "Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance". *Med. Sci. Sports Exerc.* 27 (8): 1230-1239.

- Denis, C.; Linossier, M.T.; Dormois, D.; Padilla, S.; Geysant, A.; Lacour, J.R.; Inbar, O. (1992) "Power and metabolic responses during supramaximal exercise in 100-m and 800-m runners". *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2 (2): 62-69.
- Dufour, W. (1990). "Las técnicas de observación del comportamiento motor. Fútbol la observación tratada por ordenador". *RED*. 4(4): 16-24.
- Eklblom, B. (1986). "Applied physiology of soccer". *Sports Med*. 3: 50-60.
- Esparza, F. (1993). *Manual de cineantropometría*. Ed. GREC, FEMEDE, Pamplona.
- Fox, E.L. y Mathews, D.K. (1984). *Bases Physiologiques de l'activité physique*. Ed. Vigot, Paris.
- Gaitanos, G.C.; Williams, C.; Boobis, L.H.Y.; Brooks, S. (1993). "Human muscle metabolism during intermitent maximal exercise". *J. Appl. Physiol*. 75: 712-719.
- Gajer, B. y Chantal, T.C. (1999). "Comparaison de l'évolution de la vitesse au cours du 100 m entre l'élite masculine française et mondiale". *Revue de l'A.E.F.A.* 153: 17-20.
- García, J. González, J. Rodríguez, J.A. Morante Rábago, J.C. y Villa Vicente, J. G. (2002a) "Validación y Aplicación de un nuevo sistema de fotocélulas: DSD LASER SYSTEM" En "Llibre de les Actes del Cinquè Congrés de Ciències de L'Esport, L'Educació Física i la Recreació". Ed: INEF Catalunya, Centre de Lleida: 583-595.
- García, J.; González Lázaro, J.; Rodríguez, J.A.; Peleteiro, J.; Redondo, J.C.; Villa, J.G.; Morante, J.C. (2002b). "Medición de tiempos de carrera con fotocélulas: sistema DSD Láser System con Doble Haz". En "Libro de resúmenes y comunicaciones del 25 Symposium de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales". Ed. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de Granada, Granada: 20.
- García, J.; Villa, J.G.; Rodríguez, J.A.; San Román, Z.; Gaspar, J.; Moreno, C. (1999). "Fuerza explosiva de dos equipos profesionales de fútbol de la liga española". VI Jornadas Andaluzas de Medicina en el Fútbol y IV Simpósium de Investigación en el Fútbol, Sevilla (trabajo sin publicar).
- Garganta, J.; Maia, J.; Silva, R.; Natal, A. (1992). "A comparative study of explosive leg strength in elite and non-elite young soccer players". *J. Sports Sci.* 10: 157.
- Godik, M.A. y Popov, A.V. (1993). *La preparación física del futbolista*. Ed. Paidotribo, Barcelona.
- Gullstrand, L. (1996) "Physiological responses to short-duration high-intensity intermittenr rowing". *Can. J. Appl. Physiol*. 21 (3): 197-208.
- Hamilton, A.L.; Nevill, M.E.; Brooks, S.; Williams, C. (1991). "Physiological responses to maximal intermitent excicise: Differences between endurance-trained runners and game players". *J. Sports Sci.* 9:371-382

- Hay, J.G. (1992). "The biomechanics of the triple jump: A review". *J. Sports Sci.* 10: 343-378.
- Ishii, T.; Masuda, T.; Kurogi, H.; Yabuno, S.; Yamamoto, H. (2002). "The distance covered of soccer and rugby referees during the match using a mobile GPS". En Giannikellis, K. (Ed.) "Scientific proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports". Ed. Universidad de Extremadura, Cáceres: 322-325.
- Izquierdo, M. Ibañez, J. González-Badillo, J.J. y Gorostiaga, E.M. (2002). "Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance". *Med. Sci. Sports. Exerc.* 34 (2): 332-343.
- Jansson y cols. (1990) "Relationship of recovery from intense exercise to the oxidative potential of skeletal muscle". *Acta Physiol. Scand.* 139: 147-152.
- Jiménez, R.; Mendiluce, J.; Ostolaza, J.M. (1993). Estudio fisiológico sobre el fútbol. Ed. Fed. Guipuzkoana de Fútbol, San Sebastian.
- Kollath, B.; Quade, K. (1993) "Experimental measurement of the professional and amateur soccer players' of the sprinting speed". En Reilly y cols. (Eds.) "Science and football II". Ed. E. & F. N. Spon, Londres: 31-36.
- Lacour, R. y Chatard, J.C. (1984). "Aspects physiologiques du football". *Cinésiologie* 24 (94): 123-147.
- López, J.L. (1994). "Necesidades energéticas en el fútbol". Actualizaciones en fisiología del ejercicio. 2: S1.
- Luthanen, P. (1984). "Evaluación física de los jugadores de fútbol". *Apunts.* 21(82): 99-102.
- MacDougall, J.D.; Wenger, H.A.; Green, H.J. (1995). Evaluación fisiológica del deportista. Ed. Paidotribo, Barcelona.
- Mallo, J. y Navarro, E. (2002). "Análisis biomecánico aplicado a la valoración de cargas de entrenamiento en el fútbol". En "Libro de resúmenes y comunicaciones del 25 Symposium de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales". Ed. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de Granada: 35.
- Manning, J.M.; Cathryn, M.A.; Perrin, D.H. (1988). "Factor analysis of various anaerobic power test" *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2: 138-144.
- Martín, R. (1994). "Rapidez, aceleración y velocidad". *R.E.D.* 8(4): 13-22.
- Mayhew, J.L. y Salm, P.C. (1990). "Gender differences in anaerobic power tests". *Eur. J. Appl. Physiol.* 60: 133-138.
- McCartney y cols. (1986) "Muscle power and metabolism in maximal intermittent exercise". *J. Appl. Physiol.* 60 (4): 1164-1169.
- Mendoza, L. y Shöllhorn, W. (1993). "Training of the start technique with biomechanical feedback". *J. Sports Sci.* 11: 25-29.

- Mujika, I.; Padilla, S.; Ibañez, J.; Izquierdo, M.; Gorostiaga, E. (2000). "Creatine supplementation and sprint performance in soccer players". *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (2), 518-525.
- Navarro, F. (1998). *La resistencia*. Ed. Gymnos, Madrid.
- Nicholas, C.W.; Nuttall, F.E.; Williams, C. (2000). "The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer". *J. Sports Sci.* 18: 97-104.
- Nogués, R. (1998). "Análisis de las modificaciones de frecuencia cardiaca de futbolistas no profesionales durante la competición". *Training Fútbol.* 25: 42-46.
- Nummela, A.; Rusko, H.; Mero, A. (1994) "EMG activities and ground reaction forces during fatigued and nonfatigued sprinting". *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 605-609.
- O'Dwyer, S. (1988). "AGCO: The construction of an agility-coordination test". En Reilly y cols., (Eds.). "Science and football". Ed. E & FN Spon, Londres: 498-503.
- Ohashi, J.; Togari, H.; Isokawa, M.; Suzuki, S. (1988). "Measuring movements speeds and distances covered during soccer match-play". En Reilly y cols., (Eds.). "Science and football". Ed. E & FN Spon, Londres: 329-333.
- Penel, H.P. y Traversian, P. (1998). "Partidos asistidos por ordenador". *Ciencia y Vida.* 9 (7): 48-52.
- Peres, G.; Vandewalle, H.; Monod, H. (1988). "Comparaison de trois méthodes de mesure de puissance maximale anaérobie des membres inférieurs". *Cinésiologie.* 27: 241-249.
- Pirnay, F. y Geude (1991). "Contraintes physiologiques d'un match de football". *Sport.* 34: 71-79.
- Pirnay, F.; Geurde, P.; Marechal, R. (1993). "Necesidades fisiológicas de un partido de fútbol". *RED.* 7 (2): 45-51.
- Polman, R.; Walsh, D.; Bloomfield, J.; Nesti, M. (2004). "Effective conditioning of female soccer players". *J. Sports Sci.* 22 (2): 191-203.
- Porta, J.; Cos, F.; López, P.; Bonastre, R.M. (1996). "La valoración de movimientos rápidos y coordinados. Su interrelación y capacidad de selección de talentos deportivos". *Apuntes: Educación Física y Deportes.* 46: 53-60.
- Psotta, R. (2002). "Intermittent anaerobic running test (IANRT): reliability and factor validity". *Acta Universitatis Carolinae.* 38 (2): 45-58.
- Reilly, T.; Doran, D. (2003). "Fitness assessment: Agility and flexibility". En Reilly, T.; Williams M. (Eds.) "Science and Soccer (Second Edition)". Ed. Routledge Taylor & Francis Group. London: 39-41.
- Reilly, T. y Thomas, V. (1976). "A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play". *J. Hum. Mov. Stud.* 2: 87-97.

- Reilly, T. y Thomas, V. (1979). "Estimated energy expenditures of professional association footballers". *Ergonomics*. 22 (5): 541-548.
- Reilly, T.; Williams, A.M.; Nevill, A.; Franks, A. (2000). "A multidisciplinary approach to talent identification in soccer". *J. Sports Sci.* 18: 695-702
- Riera, J. y Aguado, X. (1989). "Sistema informàtic per mesurar els desplaçaments en competició". *Apunts: Educación Física y Deportes*. 15: 61-64.
- Sáenz, P.; García, J.; Rodríguez, A.; Villa, J.G. (1997). "Evolución de las cualidades físicas y su interdependencia en diferentes etapas de futbolistas de formación". IV Congreso Internacional sobre entrenamiento deportivo. INEF de Castilla y León (trabajo sin publicar).
- Saltin, B. (1973). "Metabolic fundamentals in exercise". *Med. Sci. Sport Exerc.* 5: 137-146.
- Schutz, Y. y Cambaz, A. (1997). "Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth?". *Eur. J. Clin. Nutr.* 51: 338-339.
- Schutz, Y. y Herren, R. (2000). "Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system". *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: 642-646.
- Sleivert, G.G.; Backis, R.D.; Wengger, H.A. (1995). "Neuromuscular differences between volleyball players, middle distance runners and untrained controls". *Int. J. Sports Med.* 16: 390-398.
- Smith, D.J.; Roberts, D.; Watson, B. (1992). "Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players". *J. Sports Sci.* 10: 131-138.
- Soto, V.M. (2002). "Photogrammetric system for movement analysis in team sports". En Giannikellis, K. (Ed.) "Scientific proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports". Ed. Universidad de Extremadura, Cáceres: 341-344.
- Strudwick, A.; Reilly, T.; Doran, D. (2002). "Anthropometric and fitness of elite players in two football codes". *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 42 (2): 239-242.
- Terrier, P.; Ladetto, Q.; Merminod, B.; Schutz, Y. (2000). "High-precision satellite positioning system as a new tool to study the biomechanics of human locomotion". *J. Biomech.* 33: 1717-1722.
- Terrier, P.; Ladetto, Q.; Merminod, B.; Schutz, Y. (2001). "Measurement of the mechanical power of walking by satellite positioning system (GPS)". *Med. Sci. Sports Exerc.* 33: 1912-1918.
- Tokmakidis, S.P.; Tsopanakis, A.; Tsarouchas, E.; Kioussis, T; Hadjikonstantinou, S. (1992). "Physiological profile of Greek professional soccer players". *J. Sports Sci.* 10: 168-169.

- Tomlin, D.L. y Wenger, H.A. (2002). "The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise". *J. Sci. Med. Sport.* 5 (3): 194-203.
- Viiatasalo, J.T; Luhtanen, P; Mononen, H.V; Norvopalo, K; Paavolainen, L. y Salonen, M. (1997). "Photocell Contact Mat: A New Instrument to Measure Contact and Flight Times in Running". *J. Appl. Biomech.* 13: 254-266.
- Vittori, C. (1990). "L'allenamento della forza nello sprint". *Atletica Studi.* 1-2: 3-25.
- Vuorimaa, T.; Häkkinen, K.; Vähäsöyrinki, Rusko, H. (1996). "Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters". *Int. J. Sports Med.* 17: 109-113.
- Wadley, J.G. y Le Rossignol, P. (1998). "The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems". *J Sci Med Sport.* 1:100-110.
- Washburn, R.A; Cook, T.C; Laporte, R.E. (1989). "The objective assessment of physical activity in an occupationally active group". *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 29 (3): 279-284.
- Zintl, F.(1991). *Entrenamiento de la resistencia.* Martinez Roca. Barcelona.