



**ESCUELA NACIONAL DE ENTRENADORES
REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE NATACIÓN**

ASIGNATURA

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA EN NATACIÓN

PROFESOR

RAÚL ARELLANO COLOMINA

Documento de Apoyo Bibliográfico

Número:

05

Referencia:

**APLICACIÓN DE LA EVALUACION BIOMECÁNICA EN
EL ENTRENAMIENTO DE NADADORES.** Raúl Arellano.
Seminario Europeo de Entrenadores de Natación. ENE. RFEN.
LEN. Madrid 7-9 Mayo 2004.



APLICACIÓN DE LA EVALUACION BIOMECAÁNICA EN EL ENTRENAMIENTO DE NADADORES

Raúl Arellano

**Facultad Ciencias de la Actividad Física y el Deporte
Universidad de Granada (España)**

1. INTRODUCCIÓN:

Los resultados de la competición y los análisis cuantitativos realizados ayudan a los nadadores y entrenadores a obtener información de los resultados, mejores marcas y records, pudiéndose observar las tendencias actuales y futuras en el rendimiento de las diferentes pruebas de una competición. Durante los pasados Campeonatos del Mundo de Natación celebrados en Barcelona (2003) tuvimos la oportunidad de desarrollar un sistema computerizado para el registro semi-automático de los datos del análisis de la competición. El sistema se mostró tan eficiente a medida que el campeonato avanzaba que los resultados de algunas semifinales o finales se encontraban en la página Web de resultados de incluso antes de finalizar la jornada correspondiente, pudiendo ser utilizada esta información por los nadadores, entrenadores, equipos, prensa y cualquier interesado a través de Internet.

Sin embargo, toda esta información es inútil si:

- no se distribuye entre los entrenadores y nadadores (no sólo a los participantes en la competición en particular);
- no se aplica para mejorar la técnica de los nadadores participantes y definir modelos para los no participantes y;
- no se producen modificaciones en el plan de entrenamiento en base a esos resultados o modelos.

Nuestro modelo de evaluación trata de integrar los datos cuantitativos del análisis de la competición en el programa de entrenamiento, por medio de la medición de las variables técnicas (cuantitativa y cualitativamente) durante los diferentes ciclos programados. Los análisis de las variables son mucho más detallados permitiendo establecer vínculos con la ejecución técnica registrada bajo el agua. Los datos numéricos nos permiten localizar con más detalle y facilidad los errores técnicos.

2. MÉTODOS DE ANÁLISIS:

Son muchos los procedimientos utilizados para la realización del análisis de la competición en natación, que han ido evolucionando paralelamente a las técnicas de registro videográfico y la informática (Absaliamov & Timakovoy, 1990; T. Absaliamov, Shircovets, Lipsky, & Haljand, 1989; A.B. Craig, Boomer, & Gibbons, 1979; East, 1971). Los diferentes estudios llevados a cabo sobre los resultados obtenidos en el análisis de la competición, han permitido definir las variables relevantes para el análisis de la competición que posteriormente deberán aplicarse también para el control del entrenamiento técnico (Absaliamov & Timakovoy, 1990; Haljand & Absaliamov, 1989; Hay, Guimaraes, & Grimston, 1983). Una adaptación del diagrama de bloques (Hay, 1986) aparece en la figura 1 donde se muestran las relaciones entre las diferentes variables que componen el tiempo total de una prueba.

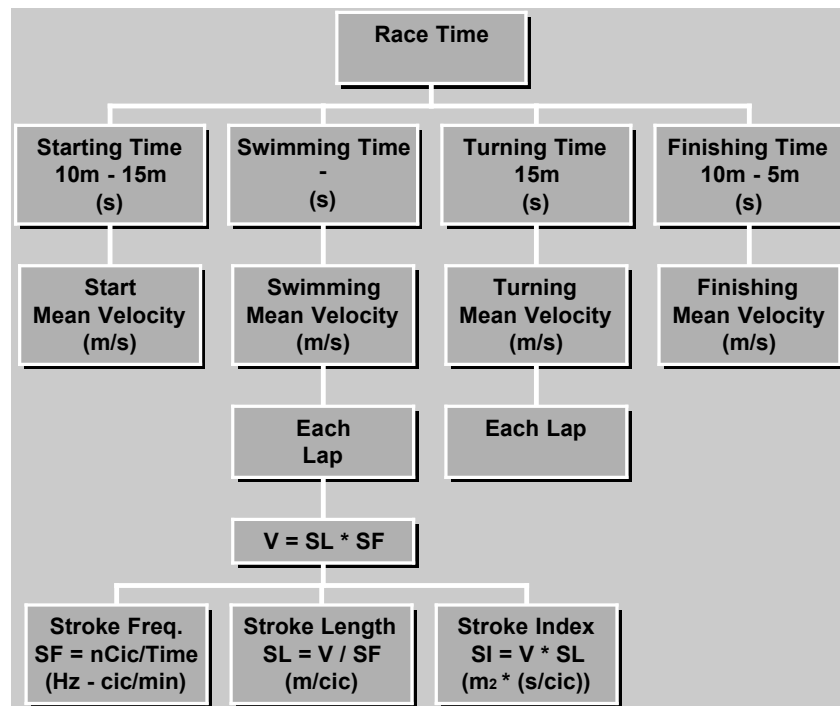


Figura 1: Componentes técnicos del tiempo total de competición y las unidades de cada una de las variables (Starting time: tiempo de salida; swimming time: tiempo de nado; turning time: tiempo de viraje; finishing time: tiempo de llegada; stroke freq: frecuencia de ciclo de brazada; stroke lenght: longitud de ciclo de brazada; stroke index: índice de ciclo y; each lap: cada largo).

Métodos más o menos automatizados permitirán registrar los valores de las variables que miden cada uno de los componentes técnicos cíclicos y acíclicos largo por largo, mostrándose luego los resultados en informes realizados para distribuir entre entrenadores, nadadores, clubes, prensa, etc.

Un ejemplo del tipo de resultados que se pueden proporcionar se muestra en la página 1 del anexo, dónde se proporcionan todos los valores de los participantes en una de las finales del pasado campeonato del mundo de natación, celebrado en Barcelona.

Los resultados del análisis de la competición de diferentes campeonatos pueden ser obtenidos en la página Web de Rein Haljand (www.swim.ee), los resultados del pasado Campeonato del Mundo de Barcelona 2003 se encuentran en la página Web del CAR de Sant Cugat (www.car.edu/finabcn03/) e información sobre los análisis desarrollados en España en la pasada década se podrá encontrar próximamente en la pagina Web del Grupo de Investigación Actividad Física y Deportiva en el Medio Acuático de la Universidad de Granada (www.swimmingresearch.com).

Los cálculos para obtener los resultados son sencillos, pero muy numerosos por lo que el análisis de una competición supone un esfuerzo bastante grande debido al número de piscinas y participantes a analizar.

Los resultados pueden ser analizados estadísticamente para diferenciar la importancia de las diferentes variables en función del género, distancia de prueba, estilo o relacionar las variables entre sí, pudiendo desarrollar ecuaciones de predicción entre los componentes técnicos y el tiempo final de competición (Absaliamov & Timakovoy, 1990; Raul Arellano, Brown, Cappaert, & Nelson, 1994, 1996; Raúl Arellano et al., 2001; Raúl Arellano, Sánchez-Molina, Navarro, & Aymerich, 2002; Hellard, Caudal, Avalos, Knopp, & Chatard, 2002; Sánchez-Molina & Arellano, 2001).

Table 1: Variables registradas y cálculos necesarios para obtener los resultados del análisis de la competición en una prueba de 100m en piscina de 50m.

Tiempos Registrados (s)	Tiempos parciales (s)	Velocidad media (m/s)	Frecuencia De ciclo (Hz)	Longitud De ciclo (m/cic)	Índice de ciclo $m^2/(s*cic)$
T0					
T10m	TS1=T10 – T0	VS1=10/ST1			
T15m	TS2=T15-T10	VS2=5/ST2			
T25m	TN1=T25-T15	VN1=10/S1	Fc1=3/t3C ₁	Lc1=V1/Sf1	lc1=V1* S1
T42.5m	TN2=T42.5-T25	VN2=17.5/S2	Fc2=3/t3C ₂	Lc2=V2/Sf2	lc2=V2* S2
T50m	Tapr=T50-T42.5	Vapr=7.5/Ti			
T57.5m	Tsep=T57.5-T50	Vsep=7.5/To			
T75m	TN3=T75-T57.5	VN3=17.5/S3	Fc3=3/t3C ₃	Lc3=V3/Sf3	lc3=V3* S3
T95m	TN4=T95-T75	VN4=20/S4	Fc4=3/t3C ₄	Lc4=V4/Sf4	lc4=V4* S4
T100m	TF=T100-T95	VF=5* /FT			
Parciales:	P1=T50-T0	PP1=T25-T0	PP3=T75-T50		
	P2=T100-T50	PP2=T50-T25	PP4=T100-T75		

*Algunos autores calculan la velocidad transcurrida en los 5 últimos metros dividiendo 4.5m por el tiempo transcurrido en esos 5 m, con el fin de compensar el efecto de llegar con la mano sobre el tiempo inicial de esta fase realizado con la cabeza.

2.1. Análisis de la competición y simulación de la competición.

Con el fin de aplicar estos métodos para el control de las variables técnicas durante la temporada, hemos instalado dos sistemas en la piscina de la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada. Dichos sistemas son:

1. Análisis de la competición: Posibilidad de realizar en entrenamiento y en competición el análisis de los componentes técnicos con la misma metodología utilizada en competiciones internacionales (Raúl Arellano et al., 2002; Balias, Escoda, & Arellano, 2003)
2. Simulación de la competición: una adaptación a piscina de 25m del test de 50m más viraje, desarrollado en el CAR de Sierra de Nevada (Raul Arellano, 2000; R. Arellano, Pardillo, & García, 1999).

El primer sistema permite realizar el análisis de la competición durante las competiciones celebradas en la citada piscina. Cuatro cámaras se encuentran fijas cerca del techo de la piscina y conectadas a un selector de vídeo, video-cronómetro y magnetoscopio digital, todo el proceso es controlado desde una sala que se encuentra en la misma piscina. La bocina de salida se encuentra conectada al video-cronómetro y lo activa en el momento de dar la salida con el fin de sincronizar el registro de vídeo con el cronometraje de competición. Los registros de los nadadores son analizados teniendo en cuenta la longitud de la piscina en base a las fórmulas de la tabla 1. En la figura 2 se describe el sistema, siendo las referencias de 5m las tenidas en cuenta durante el proceso de registro de las variables temporales. En este caso la distancia de aproximación del viraje se ha fijado a una distancia de 5m y la de separación 10m, en total 15m (ver figuras 2 y 3).

El segundo sistema permite realizar el análisis de forma individual, por medio de 5 cámaras, una sobre el agua para observar la fase aérea de la salida y cuatro bajo el agua para observar la fase subacuática de la salida, del nado y del viraje, recogiendo con mucho más detalle todas las variables del análisis de la competición que se relacionan con la ejecución subacuática en cada componente técnico del nadador evaluado (ver figuras 2,4 y 5).

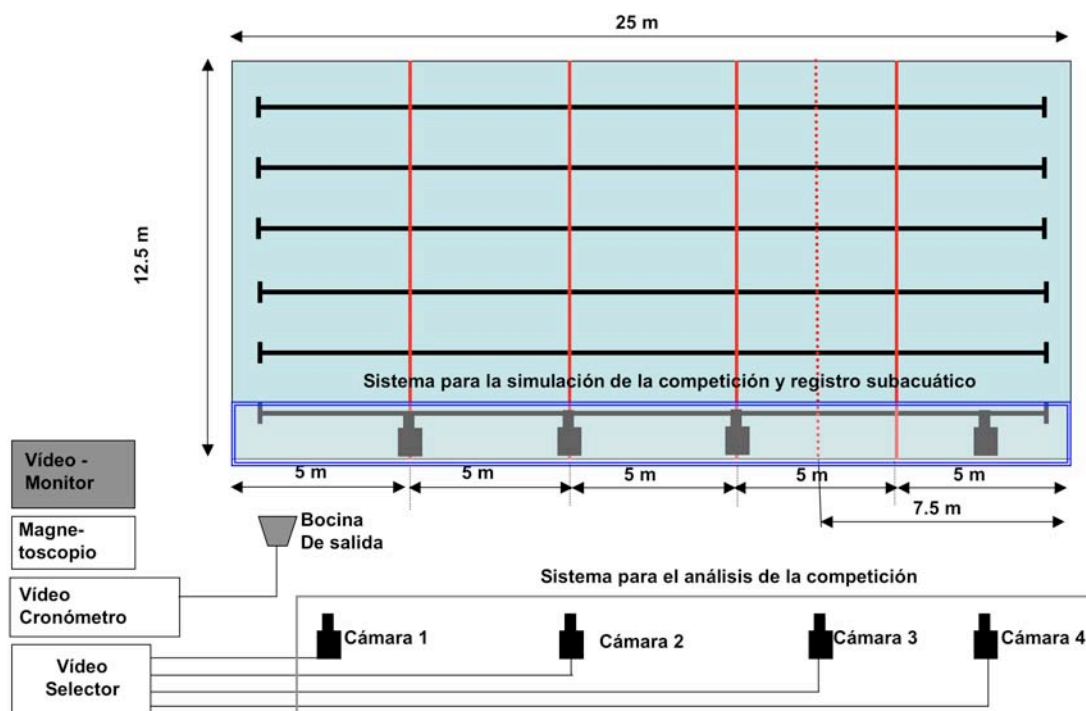


Figura 2: Sistema de registro para el análisis de la competición y simulación de la competición instalado en la piscina de la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada.

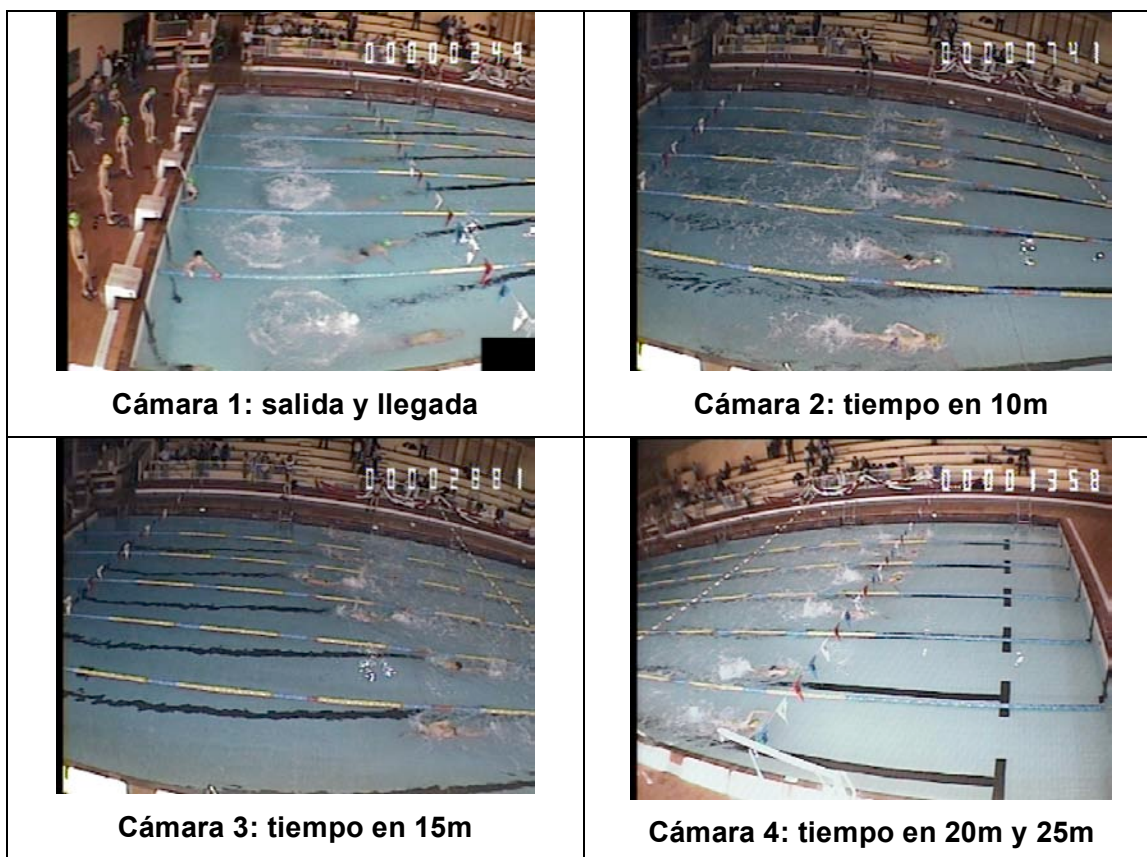


Figura 3: Imágenes que se obtienen secuencialmente de cada una de las cámaras instaladas en la piscina, para realizar el análisis de la competición.

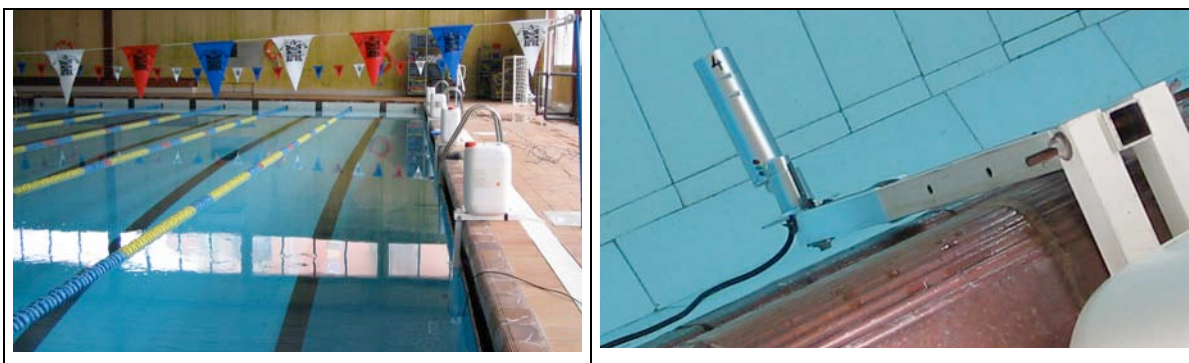


Figura 4: Detalles de la colocación de las cámaras para el registro subacuático de la técnica a lo largo de la piscina de 25m de la F.C.C.A.F.D. Como se puede ver se utilizan cámaras sumergibles IP:68.

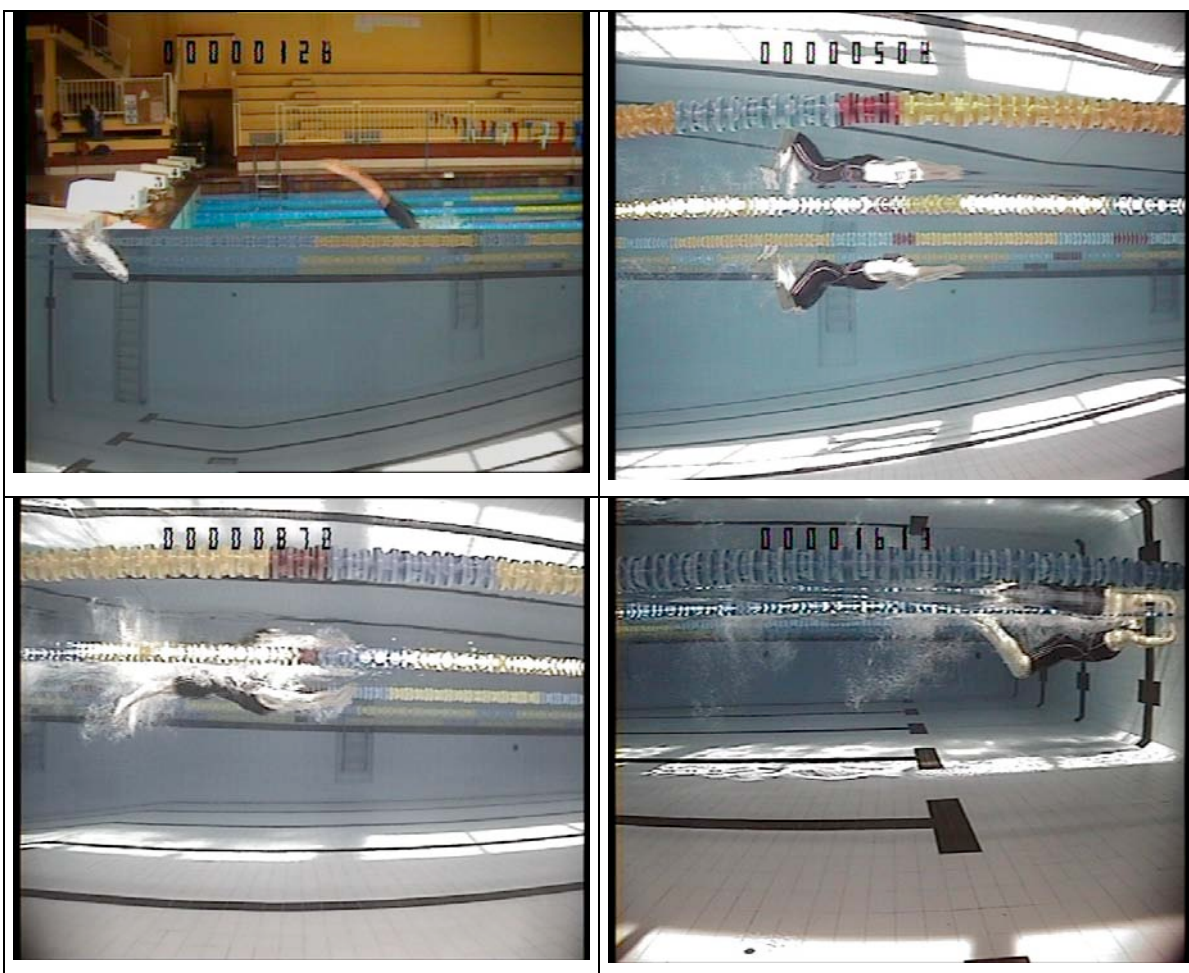


Figura 5: Ejemplos de las imágenes registradas en el test de simulación de la competición. Cada uno de los componentes técnicos (salida, técnica de nado, viraje y llegada) se puede observar con detalle.

2.2. Análisis de las salidas y virajes de forma aislada:

Utilizando la instalación mostrada en el sistema para simulación de la competición (figuras 5a, 5b y 5c) es posible analizar con todo detalle todas las fases de la salida tanto en su fase aérea como en su fase acuática. El análisis temporal permite obtener los siguientes tiempos: tiempo de separación de manos, tiempo de separación de pies, tiempo de contacto de las manos en el agua, tiempo de contacto de los pies en el agua, tiempo de paso con la cabeza de 5m, de 10m y de 15m. Con estos tiempos se pueden calcular las duraciones de las fases de impulso, de vuelo, de entrada y las velocidades promedio de 0 a 5m, de 5 a 10m y de 10 a 15m, lo que desmenuza con detalle todos los aspectos de las salidas. El nadador realiza dos o tres salidas con recuperación suficiente obteniéndose el tiempo promedio de los intentos y el del mejor intento.

En los virajes se realiza el mismo tipo de análisis utilizando la vista de las cámaras que se muestran en las figuras 5c y 5d. Se toma como referencia los 5m de aproximación y los 10m como separación. El tiempo cero sería el paso con la cabeza por 5m de aproximación y se registrarían el tiempo de contacto de las manos en la pared, el tiempo de separación de las manos, el tiempo de contacto de los pies, el tiempo de separación de los pies, el tiempo paso de 5m de separación y el tiempo de paso de 10m de separación. A partir de estos tiempos se obtienen las diferentes fases y sus velocidades. Al igual que en el test de salida se realizan dos o tres intentos lanzados con recuperación suficiente. Relacionado con las salidas y virajes es interesante reconocer la importancia de la fuerza de impulso de las extremidades inferiores registrando esta fuerza en una plataforma de fuerzas en laboratorio o bien colocada en el poyete de salidas o en la pared del viraje.

2.3. Test técnico progresivo:

En este caso se trata de analizar la variación de la longitud de ciclo y frecuencia de ciclo a distintas velocidades de nado (Costill, Maglischo, & Richardson, 1992). Se realizan de 6 a 8 repeticiones de 25 ó 50 m, dependiendo del rango de velocidad que se quiera conocer, con incremento de velocidad en cada repetición o grupo de repeticiones. La recuperación debería de incrementarse a medida que las velocidades se acercan a las máximas. Pudiendo incluso disminuir la distancia de la repetición para conseguir velocidades máximas si es necesario (por ejemplo si el test se hace en piscina de 25m puede iniciarse con repeticiones de 50m y acabar con distancias de 25m).

2.4. Test de velocidad estandarizada y repetición única:

Se realiza una distancia entre 200m y 800m en la que el nadador se desplaza a una velocidad uniforme (si es posible siguiendo el ritmo marcado por algún sistema), a una velocidad claramente por encima de su velocidad de umbral anaeróbico (Costill et al., 1992). Se registran cada 25m o 50m la frecuencia y longitud de ciclo. Las modificaciones de estas variables repitiendo el test en diferentes momentos de la temporada permiten obtener la evolución de la eficiencia mecánica del nadador en los distintos ciclos de entrenamiento.

2.5. Valoración de la resistencia activa:

El nadador realiza dos repeticiones de 25m o 50m a velocidad máxima y con recuperación completa. Una repetición la realiza normalmente y en la otra se le añade al nadador una carga conocida (por medio de un objeto flotante de resistencia conocida u otro sistema). Aplicando la ecuación (1) (Kolmogorov & Duplishcheva, 1992) que compara la velocidad promedio obtenida en cada repetición (V_1 y V_2) se calcula la resistencia activa, siempre suponiendo que el nadador en ambos esfuerzos ha utilizado la misma energía aunque las velocidades hayan sido ligeramente

diferentes. La hipótesis planteada es que el nadador a medida que mejora su estado de forma disminuye el valor de la resistencia activa (lo que mejora también su eficiencia mecánica).

$$RA = (Rc * V_2 * V_1^2) / (V_1^3 - V_2^3) \quad (1)$$



Figura 6: Registro de fuerza muscular isométrica: extensión de hombros en 90° con los brazos extendidos.

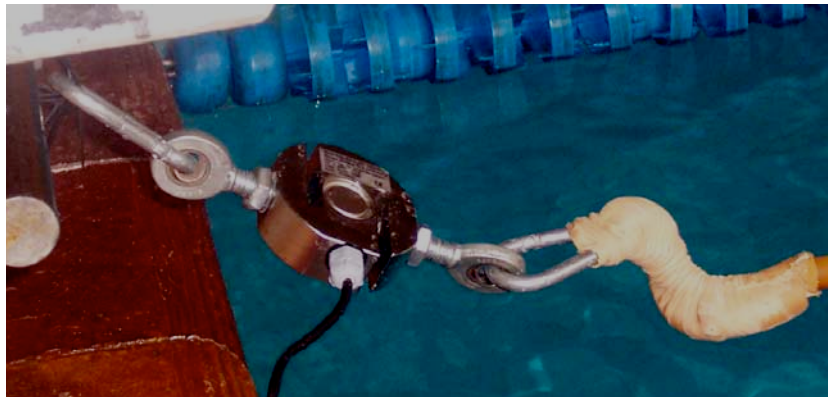


Figura 7: Dinamómetro utilizado para el registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero y de la fuerza isométrica.

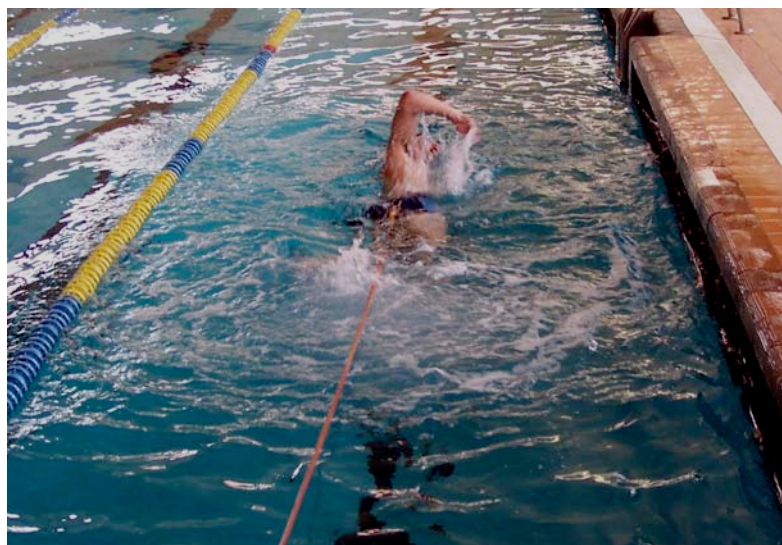


Figura 8: Registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero con soporte elástico.

2.6 Registro de fuerza muscular isométrica:

Son diferentes los estudios que encuentran una correlación entre la fuerza isométrica de diferentes grupos musculares utilizados en natación (Colman & Persyn, 1991; Persyn et al., 1988; Vorontsov, Dyrco, Binevsky, Solomatin, & Sidorov, 1999), siendo además mucho más evidente la mejora de estos registros tras un entrenamiento planificado de fuerza en seco. Su transferencia a la técnica natatoria no es inmediata y necesita de un entrenamiento específica para conseguir que la fuerza muscular acabe como fuerza propulsiva (ver figura 6).

2.7 Registro de fuerza a velocidad cero:

Esta es la única manera de medir la fuerza aplicada por el nadador en el agua, pues tal como se conoce hace tiempo a medida que el nadador se aproxima a la velocidad de nado sin resistencia la fuerza medida tiende a ser cero (Adams, Martin, Yeater, & Gilson, 1983; Martin, 1989). La fuerza registrada a velocidad cero se ha demostrado que se correlaciona con la velocidad de nado en distancias cortas 25 ó 50m (Adams et al., 1983; Raúl Arellano, 1992; Albert B. Craig & Boomer, 1980; Goldfuss & Nelson, 1971; Magel, 1970), que su mejora se produce de forma paralela al rendimiento en las distancias pruebas en las edades de desarrollo (Boulgakova, 1990; Vorontsov et al., 1999) y que las modificaciones en la fuerza tienen relación con la aplicación de programas para la mejora de la fuerza en seco en los grupos musculares más importantes y aplicados en la natación (Raúl Arellano, 1992).

2.8 Registro de la velocidad intra-ciclo:

El análisis de la velocidad de desplazamiento de un punto del cuerpo medio como puede ser la cadera, tiene un patrón hasta cierto punto similar al del centro de gravedad, especialmente en los estilos cíclicos. En el estilo braza que es dónde más diferencias se encuentran, los dos puntos tiene una variación similar en la forma pero diferente en su valor (Maglisco, Maglisco, & Santos, 1987). A pesar de ello las variaciones de la velocidad registradas, de un punto de la cadera permiten dar una información inmediata de los momentos dónde el nadador se desplaza a más velocidad o de dónde esta velocidad se reduce (Costill, D'Acquisto, & D'Acquisto, 1987; Costill et al., 1992), lo que representa una información más precisa del grado de corrección o no de su técnica durante un ciclo de movimiento que la mera observación cualitativa y sin la necesidad de digitalizar a los sujetos analizados (Mercadé, Arellano, & Soto, 2002).

2.9 Observación cualitativa de la técnica:

Es el recurso más fácil de utilizar por parte del entrenador para analizar la técnica del nadador, el único inconveniente es que para que sea realmente efectivo es necesario combinar la observación subacuática con el registro en vídeo, que facilita la detección de errores por parte del entrenador y la auto-observación por parte del deportista. Los nadadores tienden a repetir una serie de errores que parecen inevitables durante el proceso de aprendizaje de la técnica, siendo necesaria su desaparición durante las distintas etapas de desarrollo de la vida de un nadador (Arellano & Sánchez-Molina, 2002; García, Arellano, Sánchez, Ureña, & López, 1990; Gavilán, 2002)

4. PROCEDIMIENTOS DE ENTRENAMIENTO:

Todos los medios de análisis descritos anteriormente en los que hemos desarrollado o estamos desarrollando nuestras investigaciones y aplicaciones al entrenamiento son susceptibles de ser aplicados casi directamente en un programa de entrenamiento de nadadores para proporcionar información inmediata del estado de forma “biomecánico-condicional” del nadador. Tener una instalación adecuada para ello como pueda ser el CAR de Sierra Nevada o la piscina de nuestra Facultad facilita muchísimo el desarrollo real de un programa de evaluación, aunque se pueden buscar las formas de adaptar algunos de los protocolos de evaluación a otros tipos de instalaciones o incluso desarrollar equipos completamente portátiles, que con la tecnología actual no serían muy difíciles de desarrollar.

Planificar su aplicación sería lo más difícil en esta fase del proceso. La opción más simple sería un nadador al que se le quiere corregir un error o mejorar algún aspecto técnico. Se busca alguna manera de proporcionar “feedback” (FB) extrínseco cuantitativo, a ser posible. La ejecución se reduce a un número, lo suficientemente fiable y discriminador. De esta forma cualquier cambio en la ejecución se traduce inmediatamente en una variación positiva, negativa o neutra. El nadador nada más acabar de ejecutar el movimiento, conoce el resultado y trata de ajustar su conducta en el intento siguiente, en función de las instrucciones proporcionadas previamente o bien en función de la información descriptiva que puede acompañar al resultado. El ajuste entre el FB intrínseco y el extrínseco es lo primero que el deportista trata de gestionar. El FB puede realizarse de dos maneras claramente definidas: conocimientos de los resultados (KR) y conocimiento de la ejecución (KP) (Schmidt & Wrisberg, 2000).

El entrenador de natación utiliza los dos tipos de feedback de una forma natural, pero la información que puede proporcionar es limitadamente fiable y válida. El vídeo subacuático y los sistemas de cronometraje permiten mejorar las condiciones de fiabilidad de los registros que puede realizar el entrenador. Por ejemplo, si un entrenador trata de cronometrar el tiempo de salida en 15m, su error puede llegar a ser de más de 0,4 s con relación a un sistema de cronometraje manual, si este tiempo se mide en distancias inferiores (por ejemplo 10m ó 5m), el error aumentará gradualmente con relación al tiempo medido con un sistema automatizado. Debe fijarse el lector que esta diferencia puede ser mayor que la reducción del tiempo de salida en una o varias temporadas para un nadador de elite (De la Fuente, 2003).

La aplicación de la metodología de la biomecánica deportiva en el entrenamiento podrá mejorar el proceso de feedback por (Bartlett, 1999):

- La necesidad de precisión y reproducibilidad de los resultados.
- La capacidad de proporcionar información que no es directamente observable por un entrenador capacitado.
- La diferenciación precisa entre la ejecución correcta o incorrecta.

Pongamos un ejemplo. Se trata de mejorar la salida de natación estilo crol. Se desarrolla un sistema que permite medir el tiempo de salida en 10 m del nadador, colocando una placa de cronometraje perpendicular al borde de la piscina, a esa distancia de la pared. El nadador cuando toca con la mano la placa de cronometraje, para un cronómetro con precisión de centésimas de segundo. Si se simplifica el ejercicio, se puede medir el tiempo de deslizamiento hasta los 10m tras la salida. El nadador tras el deslizamiento, conoce con exactitud su tiempo en la salida, sin el error de medición del entrenador en un cronometraje manual. En este caso se ha producido el tipo de FB, denominado KR. Este procedimiento se ha demostrado suficiente para producir mejoras en el tiempo de salida aunque no haya existido ningún tipo de KP, aplicando un programa de trabajo de dos semanas y no más de cinco salidas diarias

registradas (De la Fuente, 2003). El sistema tiene la ventaja de que es muy eficiente, pues no lleva demasiado tiempo para el deportista y no se pierde apenas tiempo de entrenamiento durante los registros de tiempo.

Un segundo ejemplo sería plantearse la mejora de la técnica del movimiento ondulatorio subacuático. Se utilizarían una o dos cámaras subacuáticas colocadas perpendicularmente a la trayectoria de desplazamiento del nadador. El nadador tras ser registrado en vídeo se observa en el monitor. En este caso el tipo de feedback es KP, pero con poco esfuerzo es posible introducir también KR, instalando unas referencias verticales para medir la velocidad promedio al pasar el nadador por delante de la cámara. El nadador se observa y se le comunica el tiempo realizado en el tramo en cuestión. Sólo unos pocos aspectos de su técnica son los que se tratan de corregir, por ejemplo: alineación horizontal del cuerpo, flexión de la cadera, amplitud del movimiento o flexión de la rodilla, proporcionando información al nadador sobre su ejecución en comparación a un modelo. El trabajo diario, con unas pocas repeticiones, permite observar mejoras en un par de semanas (Gavilán, 2002). El inconveniente es que no se puede aplicar a grupos muy numerosos y se necesita una cierta instalación de instrumental en la piscina.

El modelo que proponemos relaciona los ciclos de entrenamiento con los posibles protocolos de evaluación de aspectos técnicos utilizando métodos biomecánicos. Si simplificamos el proceso de entrenamiento hablando de ciclos de desarrollo de la resistencia de base, ciclos de desarrollo de la fuerza, ciclos de mejora de la técnica específica y ciclos competitivos, podemos aplicar específicamente una batería de test para comprobar la mejora de cada uno de los aspectos en cuestión, relacionando estos resultados con los posibles protocolos de pura metodología médica o fisiológica.

Ciclos De Desarrollo De La Resistencia De Base	Ciclos De Desarrollo De La Fuerza	Ciclos De Mejora De La Técnica Específica	Ciclos Competitivos
<ul style="list-style-type: none"> • Test de velocidad standarizada y repetición única • Simulación de la competición • Test técnico progresivo • Valoración de la resistencia activa 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de fuerza muscular isométrica • Registro de fuerza a velocidad cero • Salidas y virajes de forma aislada • Impulso en plataforma de fuerzas 	<ul style="list-style-type: none"> • Test de velocidad standarizada y repetición única • Test técnico progresivo • Registro de la velocidad intraciclo • Valoración de la resistencia activa • Observación cualitativa de la técnica 	<ul style="list-style-type: none"> • Test de velocidad standarizada y repetición única • Salidas y virajes de forma aislada • Test técnico progresivo • Análisis de la competición • Valoración de la resistencia activa

Realizar todos los tests en un ciclo de entrenamiento supondría el no poder medir las posibles variaciones producto del entrenamiento que normalmente se acumulan tras meses de entrenamiento. Por lo que los test se colocarán adecuadamente a lo largo de los macrociclos de entrenamiento o a veces en un ciclo cuatrienal de entrenamiento, lo que aumenta las probabilidades de que se produzcan mejoras. Sólo cuando se utilizan cargas concentradas de entrenamientos técnico se realizan pre-test y post-test para evaluar inmediatamente su efecto.

5. CONCLUSIONES:

Planificar la técnica y su control es uno de los aspectos que menos se ha desarrollado en la metodología del entrenamiento moderno más centrado en el desarrollo de las teorías del entrenamiento en general o en el control bio-médico del rendimiento. La situación actual permite la aplicación de numerosos medios de valoración objetiva de la técnica, que en muchos casos, no están muy lejos de las posibilidades de los entrenadores o que se encuentran a nuestra disposición en los Centros de Alto Rendimiento de nuestro país o en algunos centros de investigación como el desarrollado en la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Granada. Propuesta como la descrita en el presente trabajo son un paso adelante en el desarrollo de una metodología de la evaluación de la técnica relacionada con los ciclos de entrenamiento del nadador.

6. BIBLIOGRAFÍA:

- Absaliyamov, & Timakovoy. (1990). *Aseguramiento Científico de la Competición* (A. I. Zvonarev, Trans. 1 ed. Vol. 1). Moscú: Vneshtorgizdat.
- Absaliyamov, T., Shircovets, E., Lipsky, E., & Haljand, R. (1989). *Analysis of Competitive Activity - 1989 European Senior Swimming Championships* (Report). Bonn: L.E.N. (European Swimming Federation).
- Adams, T. A., Martin, R. B., Yeater, R. A., & Gilson, K. A. (1983). Tethered Force and Velocity Relationships. *Swimming Technique*, 20(3), 21-28.
- Arellano, R. (1992). *Evaluación de la fuerza propulsiva en natación y su relación con el entrenamiento y la técnica. (Tesis Doctoral, Director: Jaime Vila)*. Unpublished Programa: Motricidad Humana, University of Granada, Granada.
- Arellano, R. (2000). Evaluating the technical race components during the training season. In R. Sanders & Y. Hong (Eds.), *Applied Program: Application of Biomechanical Study in Swimming* (Vol. 1, pp. 75-82). Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong.
- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J., & Nelson, R. C. (1994). Analysis of 50-, 100-, and 200-m Freestyle Swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(2), 189-199.
- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J., & Nelson, R. C. (1996, June 25-29, 1996). *Application of regression equations in the analysis of 50 and 100 m swimming races of 1992 olympic games*. Paper presented at the XIV International Symposium on Biomechanics in Sports, Funchal (Portugal).
- Arellano, R., Cossor, J., Wilson, B., Chatard, J.-C., Riewald, S., & Mason, B. (2001, June 26, 2001). *Modelling competitive swimming in different strokes and distances upon regression analysis: a study of the female participants of Sydney 2000 Olympics Games*. Paper presented at the XIX International Symposium on Biomechanics in Sports: Proceedings of Swim Sessions, San Francisco - USA.
- Arellano, R., Pardillo, S., & García, F. (1999). A system for quantitative measurement of swimming technique. In K. L. Keskinen, P. V. Komi & A. P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (1 ed., pp. 269-275). Jyväskylä (Finland): Department of Biology of Physical Activity of the University of Jyväskylä.
- Arellano, R., & Sánchez-Molina, J.-A. (2002). *Qualitative Evaluation Of Swimming Technique To International Spanish Junior And Pre-Junior Swimmers: An Analysis Of Error Frequencies*. Paper presented at the IX Symposium Mondial Biomécanique et Médecine de la Natation, Saint-Etienne (France).
- Arellano, R., Sánchez-Molina, J. A., Navarro, F., & Aymerich, J. D. (2002). *Analysis Of 100-M Backstroke, Breaststroke, Butterfly And Freestyle Swimmers At The 2001 European Youth Olympic Days*. Paper presented at the IX Symposium Mondial Biomécanique et Médecine de la Natation, Saint-Etienne (France).

- Balius, X., Escoda, P., & Arellano, R. (2003). *2003 World Swimming Championship Analysis of Competition Project*. Barcelona: Centre d'Alt Rendiment Sant Cugat.
- Bartlett, R. (1999). *Sport Biomechanics: Reducing Injury and Improving Performance* (1 ed.). London, England: E & FN Spon.
- Boulgakova, N. (1990). *Sélection et Préparation des Jeunes Nageurs* (E. Planeta, Trans. 1 ed.). Paris: Vigot.
- Colman, V., & Persyn, U. (1991). *Diagnosis of the Movement and Physical Characteristics Leading to Advice in Breaststroke*. Paper presented at the Ciencia y Natación: Su Aplicación Práctica, Granada.
- Costill, D. L., D'Acquisto, G. L., & D'Acquisto, L. J. (1987). Video-Computer Assisted Analysis of Swimming Technique. *The Journal of Swimming Research*, 3(2), 5-9.
- Costill, D. L., Maglischo, E. W., & Richardson, A. B. (1992). *Swimming* (1 ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Craig, A. B., & Boomer, W. F. (1980). *Relationships Between Tethered and Free Swimming the Front Crawl Stroke (abstract)* (Abstract): Medicine and Dentistry, and Division of Sports and Recreation, University of Rochester, Rochester, NY 14642.
- Craig, A. B., Boomer, W. L., & Gibbons, J. F. (1979). *Use of Stroke Rate, Distance per Stroke, and Velocity Relationships During Training for Competitive Swimming*. Paper presented at the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming, Edmonton, Canada.
- East, D. J. (1971). Stroke frequency, Length and Performance. *Swimming Technique*, 8(3), 68-73.
- Fuente, B. d. I. (2003). *Desarrollo de un Sistema Automatizado para la Evaluación y el Entrenamiento de las Salidas en Natación: Aplicación en Deportistas de Diferente Nivel* (Directores: Raúl Arellano y Manuel Martínez. Universidad de Granada, Granada.
- García, A., Arellano, R., Sánchez, J., Ureña, R., & López, G. (1990). *Valoración Técnica del Equipo Nacional*. Paper presented at the 10º Congreso de la Asociación Nacional de Entrenadores de Natación, Lérida.
- Gavilán, A. (2002). *Análisis de las variables que inciden en la técnica del movimiento ondulatorio subacuático y valoración de su entrenabilidad* (Tesis Doctoral, Director: Raúl Arellano). Unpublished Programa de Doctorado: Nuevas perspectivas en la investigación de las ciencias del deporte, Granada, Granada.
- Goldfuss, A. J., & Nelson, R. C. (1971). *A Temporal and Force Analysis of the Crawl Arm Stroke During Tethered Swimming*. Paper presented at the First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Water-Polo and Diving", Bruxelles.
- Haljand, & Absaliyev. (1989). *Swimming Competition Analysis of European Swimming Championships* (Report). Bonn, German: LEN.
- Hay, J. G. (1986). Swimming. In J. G. Hay (Ed.), *Starting, Stroking & Turning (A Compilation of Research on the Biomechanics of Swimming, The University of Iowa, 1983-86)* (1ª ed., pp. 1-51). Iowa: Biomechanics Laboratory, Department of Exercise Science.
- Hay, J. G., Guimaraes, A. C. S., & Grimston, S. K. (1983). A Quantitative Look at Swimming Biomechanics. In J. G. Hay (Ed.), *Starting, Stroking & Turning (A Compilation of Research on the Biomechanics of Swimming, The University of Iowa, 1983-86)* (pp. 76-82). Iowa: Biomechanics Laboratory, Department of Exercise Science.
- Hellard, P., Caudal, N., Avalos, M., Knopp, M., & Chatard, J. (2002). *Training, anthropometric and performance relationships in French male swimmers for 200m events during growth*. Paper presented at the IXth World Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming, 21-23 June 2002.
- Kolmogorov, S. V., & Duplishcheva, O. A. (1992). Active Drag, Useful Mechanical Power Output and Hydrodynamic Force Coefficient in Different Swimming Strokes at Maximal Velocity. *Journal of Biomechanics*, 25(3), 311-318.

- Magel, J. R. (1970). Propelling Force Measured During Tethered Swimming in the Four Competitive Swimming Styles. *The Research Quarterly*, 41(1), 69-74.
- Maglischo, C. W., Maglischo, E. W., & Santos, T. R. (1987). The Relationship Between the Forward Velocity of the Center of Gravity and the Hip in the Four Competitive Strokes. *The Journal of Swimming Research*, 3(2), 11-17.
- Martin, B. (1989). Swimming: Forces on Aquatic Animals and Humans. In C. L. Vaughan (Ed.), *Biomechanics of Sport* (1 ed., pp. 35-51). Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- Mercadé, J., Arellano, R., & Soto, V. (2002). Modificaciones de la curva velocidad-tiempo de la cadera en el estilo braza a distintas velocidades de nado. *Biomecánica*, 10(2), 105-110.
- Persyn, U., Tilborgh, L. V., Daly, D., Colman, V., Vijfvinkel, D. J., & Verhetsel, D. (1988). Computerized Evaluation and Advice in Swimming. In B. E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V* (1 ed., Vol. 18, pp. 341-350). Pennsylvania: Human Kinetics Books.
- Sánchez-Molina, J. A., & Arellano, R. (2001). El análisis de la competición en natación: estudio de la situación actual, variables y metodología. In R. Arellano & A. Ferro (Eds.), *Análisis biomecánico de la técnica en natación: Programa de control del deportista de alto nivel* (1 ed., Vol. 32, pp. 9-50). Madrid: Consejo Superior de Deportes - Ministerio de Educación y Ciencia.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2000). *Motor Learning and Performance* (2 ed. Vol. 1). Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Vorontsov, A. R., Dyrco, V. V., Binevsky, D. A., Solomatin, V. R., & Sidorov, N. N. (1999). Patterns of growth for some characteristics of physical development, functional and motor abilities in boy-swimmers 11-18 years. In K. L. Keskinen, P. V. Komi & A. P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (1 ed., pp. 269-275). Jyväskylä (Finland): Department of Biology of Physical Activity of the University of Jyväskylä.

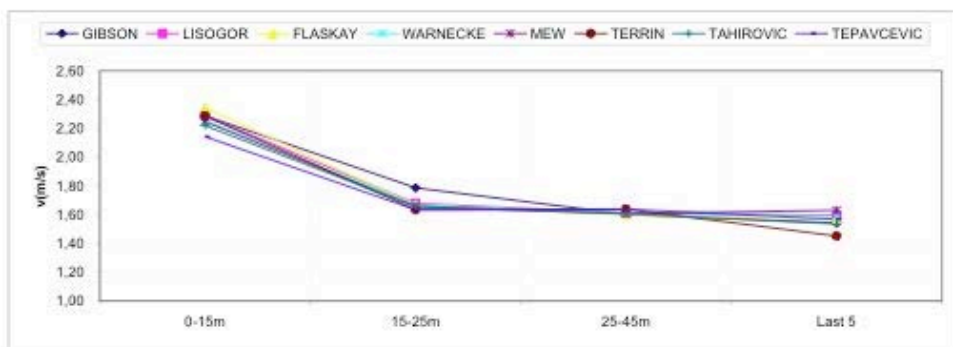
ANEXO I: Ejemplo de hoja de resultados del análisis de la competición realizado en los Campeonatos del Mundo de Natación en Barcelona 2003.



23/07/2003
Individual reports: <http://www.e-plash.org> <http://www.car.edu/finabcn03>

Swimming Stroke Averages											
Swimmer	Country	Ln	Time	Average Event Velocity (m/s)	Start Speed 15 m (m/s)	Veloc. (m/s)	Freq (c/min)	Str. L (m/c)	Str. Index (m/s/m/c)	Finish (5m) Mean Speed (m/s)	
GIBSON	GBR	4	0:27.56	1,81	2,29	1,66	60	1,68	2,86	1,54	
LISOGOR	UKR	5	0:27.74	1,80	2,29	1,63	70	1,40	2,31	1,60	
FLASKAY	HUN	2	0:27.79	1,80	2,34	1,62	69	1,41	2,31	1,57	
WARNECKE	GER	3	0:27.87	1,79	2,26	1,63	69	1,42	2,33	1,59	
MEW	GBR	6	0:27.92	1,79	2,25	1,62	67	1,47	2,40	1,63	
TERRIN	ITA	7	0:27.98	1,79	2,29	1,64	64	1,53	2,50	1,45	
TAHIROVIC	SLO	8	0:28.17	1,77	2,22	1,62	63	1,54	2,52	1,54	
TEPAVCEVIC	YUG	1	0:28.19	1,77	2,14	1,64	57	1,72	2,82	1,57	
Average			0:27.90	1,79	2,26	1,64	65,07	1,52	2,51	0,00	1,56

Start, Swimm, Turn & Finish Speeds (m/s)				
	0-15m	15-25m	25-45m	Last 5
GIBSON	2,29	1,79	1,60	1,54
LISOGOR	2,29	1,68	1,61	1,60
FLASKAY	2,34	1,67	1,60	1,57
WARNECKE	2,26	1,67	1,61	1,59
MEW	2,25	1,66	1,61	1,63
TERRIN	2,29	1,63	1,64	1,45
TAHIROVIC	2,22	1,66	1,61	1,54
TEPAVCEVIC	2,14	1,63	1,64	1,57



	GIBSON	LISOGOR	FLASKAY	WARNECKE	MEW	TERRIN	TAHIROVIC	TEPAVCEVIC
0-15	0:06.56	0:06.56	0:06.40	0:06.64	0:06.68	0:06.56	0:06.76	0:07.00
15-25	0:05.60	0:05.96	0:06.00	0:06.00	0:06.04	0:06.12	0:06.04	0:06.12
25-45	0:12.48	0:12.40	0:12.52	0:12.40	0:12.44	0:12.20	0:12.44	0:12.20
Last 5	0:02.92	0:02.82	0:02.87	0:02.83	0:02.76	0:03.10	0:02.93	0:02.87
Lap Time 25	0:12.16	0:12.52	0:12.40	0:12.64	0:12.72	0:12.68	0:12.80	0:13.12
Lap Time 50	0:15.40	0:15.22	0:15.39	0:15.23	0:15.20	0:15.30	0:15.37	0:15.07

Official partners:



CAR Catalunya / Universidad de Granada / INEF Galicia / IVEF-SHEE Gasteiz