

## LA PROFUNDIDAD DEL VASO DE LA PISCINA Y LOS TIEMPOS DE NADO

*Dr. Gabriel Rodríguez Romo, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Europea – CEES, Madrid.*

Dirección:

Gabriel Rodríguez Romo

Departamento de Teoría, Recreación y Organización del Deporte

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Universidad Europea – CEES. C/ Tajo s/n

28670 Villaviciosa de Odón – Madrid

Teléfono: 91 211 56 01

e-mail: [gabriel.rodriguez@tro.afd.uem.es](mailto:gabriel.rodriguez@tro.afd.uem.es)

### Resumen:

El objetivo del presente trabajo fue valorar si los tiempos de nado de una muestra de nadadores diferían al evaluar sus aptitudes de velocidad en profundidades distintas. Participaron 20 nadadores. Se empleó un vaso cubierto de fondo móvil, así como diverso material de registro y de análisis de filmación. El desarrollo de la investigación respondió a un diseño unifactorial intrasujeto clásico. La variable independiente fue la profundidad del vaso (profundidades uniformes de 1,3 m. y de 2,2 m.). La variable dependiente fue la velocidad de nado, tomándose como medida de la misma los “tiempos de nado” en una prueba de 50 m. libres. Para controlar el error progresivo, y evitar la contaminación de los resultados, se empleó el método de contrabalanceo: la muestra global se dividió en dos subgrupos de diez nadadores (A y B) mediante la técnica de bloqueo, tomando como variables de bloqueo el género y el mejor tiempo de referencia en prueba de 50 m. A cada subgrupo se le asignó aleatoriamente una de las dos posibles secuencias experimentales. La determinación de los “tiempos de nado” se realizó mediante análisis cinemático.

Los resultados del estudio mostraron que la media de los tiempos de nado obtenidos por los nadadores al realizar una prueba de 50 m. libres con el fondo del vaso situado a 1,3 m. de profundidad, no mostraba diferencias significativas con la de los tiempos de nado que consiguieron al llevar a cabo la misma prueba pero con el fondo ubicado a 2,2 m. ( $t_{19}=,072$ ;  $p=,944$ ).

**Palabras clave:** natación, tiempos de nado, profundidad, piscinas.

**Abstract:**

This study attempted to verify if swimming times of a sample of swimmers, changed when evaluating swimmers' velocity in different pool depths. The sample comprised 20 swimmers. An indoor pool incorporating a movable floor was used, as well as recording and filming analyses material. The research development included a unifactorial intrasubject design. The independent variable was depth pool (uniform depths of 1.3 m. and 2.2 m.). The dependent variable was swimmers velocity, taking as a measure the "swimming times" in a 50 m. event. To control progressive error, and avoid data contamination, a balanced method was used: total sample was divided into two subgroups of 10 swimmers (A and B) being gender and best time in a 50 m. event blocked variables. Each subgroup was given one of the two possible experimental sequences. The "swimming times" were assessed by cinematic analyses.

Data analysis reported that there were no significant differences between mean swimming times in a 50 m. event with the movable floor set at 1.3 m. uniform depth and mean swimming times at the same event when the movable floor was set at 2.2 m. uniform depth ( $t_{19}=.072$ ;  $p=.944$ ).

**Key words:** swimming, swimming times, depth, swimming pools.

**1. INTRODUCCIÓN**

En relación a la profundidad, algunos autores han analizado de manera experimental las fuerzas de rozamiento que actúan sobre los nadadores cuando se deslizan por debajo del agua a diferentes profundidades y velocidades (Lyttle, Blanksby, Elliott y Lloyd 1998, 1999 y 2000). Otros investigadores han estudiado las profundidades máximas alcanzadas, por usuarios de piscinas o bien por nadadores, ya sea al lanzarse de cabeza desde el borde del vaso o al efectuar diferentes técnicas de salida respectivamente (Gabrielsen 1980 y 1987; Welch y Owens 1986; Counsilman et al. 1988; Gabrielsen y Mittelstaedt 1994; Gilbert 1994).

Por otra parte, al revisar la literatura especializada, es frecuente encontrar afirmaciones sobre el impedimento que supone un vaso de poca profundidad para la consecución de tiempos más rápidos (Navarro Valdivielso 1973; Elliott 1986-1987; Gabrielsen 1987; Thorpe 1988; Wiseman 1995). No obstante, son tantas las afirmaciones en este sentido como la ausencia de referencias concretas a las

investigaciones que las fundamentan. Es un aspecto un tanto controvertido del que no hemos podido hallar evidencias experimentales.

Aunque sin fundamento experimental en todos los casos, diversos autores han tratado de explicar la posible influencia de la profundidad del vaso sobre la velocidad de los nadadores, aplicando razonamientos físicos y principios de la mecánica de fluidos: teoría de la viscosidad dinámica, reflexión contra el fondo del vaso de las ondas generadas por las turbulencias o perturbaciones de la acción de los nadadores, etc. (Navarro Valdivielso 1973; Larsen, Yancher y Baer 1981; Thorpe 1988). Otros investigadores como Sheehan y Laughrin (1992) han propuesto posibles métodos para determinar una profundidad óptima a la cual nadar.

Sin embargo, tal y como señala Hunsaker (1992), no parecen haberse desarrollado estudios empíricos encaminados a cuantificar el efecto que pueden tener diferentes profundidades sobre el avance de los nadadores en la superficie del agua y, en consecuencia, sobre sus tiempos de nado. Pese a ello, la opinión bastante generalizada es que un vaso poco profundo es un “vaso duro o lento”, siendo deseables para la competición los vasos de piscina de elevada profundidad en toda su superficie.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, el objetivo principal del presente estudio fue tratar de comprobar si los tiempos de nado de una muestra de nadadores diferirían realmente al evaluar sus aptitudes de velocidad en profundidades distintas.

## **2. MÉTODO**

### **Muestra:**

En el experimento participaron 20 nadadores (10 varones y 10 mujeres), con una edad media de 15,9 años (ver Tabla 1), que entrenaban habitualmente en el Centro de Tecnificación de la Federación Madrileña de Natación.

<b>Tabla 1. Principales características de la muestra según género</b>						
<b>Género</b>	<b>Edad (años)</b>		<b>Estatura (cm.)</b>		<b>Peso (Kg.)</b>	
	Media	Desv. Tip.	Media	Desv. Tip.	Media	Desv. Tip.
<b>Varones (n = 10)</b>	16,00	0,67	177,90	4,12	67,00	4,35
<b>Mujeres (n = 10)</b>	15,80	0,63	165,40	5,08	56,30	4,11
<b>Total (N = 20)</b>	15,90	0,64	171,65	7,84	61,65	6,86

### **Instrumentos:**

Las características de la instalación y del material empleado en la experimentación fueron las siguientes:

1. Instalación: vaso cubierto de 25 x 12,5 m., dotado de fondo móvil que abarcaba toda su superficie útil
2. Material de registro: cámara de vídeo *Panasonic WV-CP610-G*, camascopio *S-VHS NV-MS4E*, selector/conmutador de vídeo *Vertical Interval Switcher Kramer VIS-5x4*, generador de código de tiempos *AVITEL TPR 1040*, magnetoscopio *S-VHS JVC*, sistema de referencias y hojas de registro
3. Material de análisis de la filmación: magnetoscopio *S-VHS Panasonic AG-7350* con reproducción a 50 Hz., PC con procesador *Pentium II 128 Mb RAM* y tarjeta capturadora de video en tiempo real *Micro DC-30*, software *Adobe Premier*, monitor de pantalla plana *SONY Trinitron Multiscan 17s/II* y hojas de registro.

### **Diseño:**

El desarrollo de la investigación respondió a un diseño unifactorial intrasujeto clásico (García 1995), consistente en que todos los nadadores realizaran todos los tratamientos experimentales. La variable independiente fue la profundidad del vaso (profundidades uniformes de 1,3 m. y de 2,2 m.). La variable dependiente fue la velocidad de nado, tomándose como medida de la misma los “tiempos de nado” en una prueba de 50 m. libres. El “tiempo de nado” se identificó como el tiempo invertido por el nadador en recorrer la denominada “distancia de nado” (15 m.), es decir, la distancia total de la prueba (50 m.) exceptuando las distancias de salida (10 m.), viraje (7,5 m. aproximación + 7,5 m. separación) y llegada (10 m.) (ver Tabla 2). Con el objeto de controlar el error progresivo, y evitar la contaminación de los resultados, se

empleó el método de contrabalanceo. Para ello, en primer lugar se dividió la muestra global en dos subgrupos de diez nadadores (A y B) mediante la técnica de bloqueo, tomando como variables de bloqueo el género y el mejor tiempo de referencia en prueba de 50 m. Así, cada subgrupo quedó formado por cinco varones y cinco mujeres, con tiempos medios de referencia muy similares. Seguidamente, a cada subgrupo se le asignó aleatoriamente una de las dos posibles secuencias experimentales (subgrupo A:  $x_1-x_2$  y subgrupo B:  $x_2-x_1$ ), quedando establecido el orden definitivo de las pruebas tal y como se refleja en la Tabla 3.

<b>Tabla 2. Distancias de salida, viraje, llegada y nado en una prueba de 50 m., según longitud del vaso</b>				
<b>Longitud del vaso</b>	<b>D. de salida</b>	<b>D. de viraje</b>	<b>D. de llegada</b>	<b>D. de nado</b>
50 m.	10 m.	-	10 m.	30 m.
25 m.	10 m.	15 m. (7,5 aproximación y 7,5 separación)	10 m.	15 m.

*Fuente: modificado de Arellano (1994)*

<b>Tabla 3. Orden de las pruebas efectuadas por los nadadores</b>			
<b>Orden</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
1º	A	$X_1$	50 m. libres con fondo ubicado a 1,3 m. de profundidad
2º	B	$X_2$	50 m. libres con fondo ubicado a 2,2 m. de profundidad
3º	A	$X_2$	50 m. libres con fondo ubicado a 2,2 m. de profundidad
4º	B	$X_1$	50 m. libres con fondo ubicado a 1,3 m. de profundidad

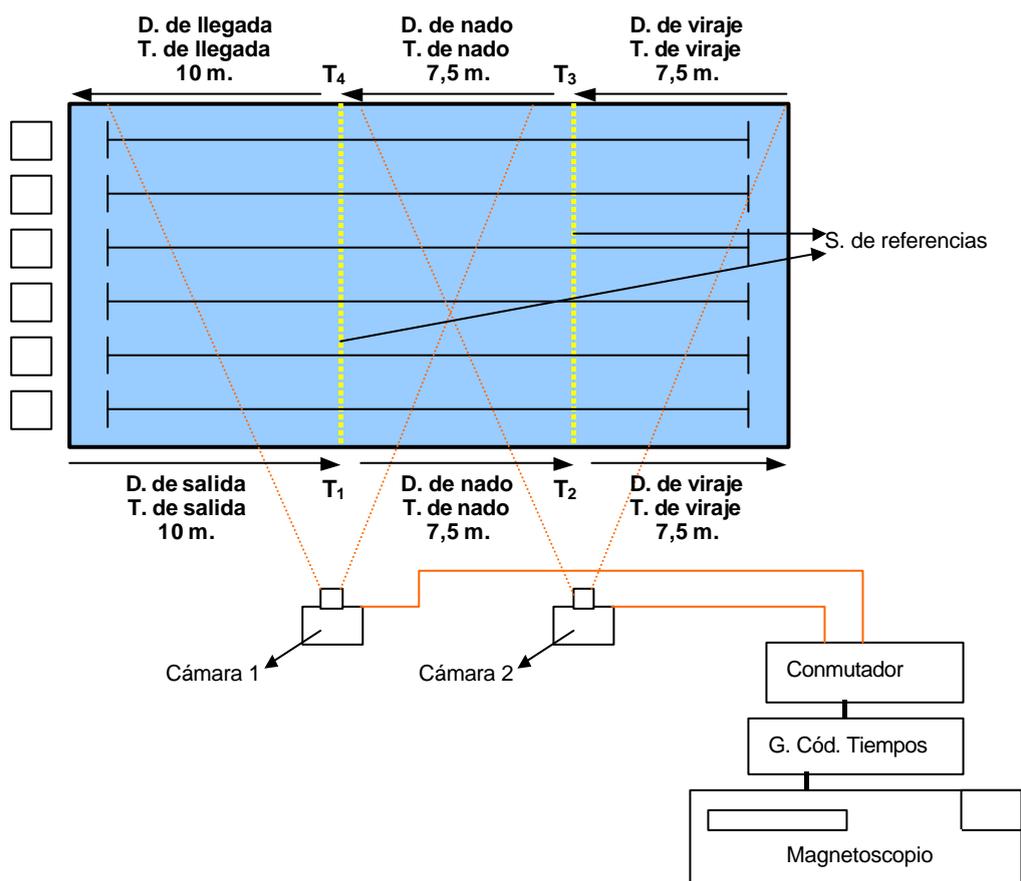
Otras posibles variables derivadas del entorno experimental (temperatura, claridad y parámetros químicos del agua; características de las corcheras; sistema de rebosadero; etc.), que según diversos autores (S. Technique 1981-1982; Hunsaker 1984 y 1992; Caragol 1987; Gabrielsen 1987; Torpe 1988; Wiseman 1995) también pueden afectar al rendimiento de los nadadores, incidieron por igual en todos los sujetos al ser valorados en un mismo vaso de piscina con fondo móvil. Todos los participantes nadaron por la misma calle, el mismo día y en un margen de tiempo de dos horas. Los nadadores durmieron un mínimo de ocho horas la noche previa al

desarrollo de las pruebas y no realizaron ningún esfuerzo máximo ese día ni el anterior. Las posibles diferencias individuales ante la señal de salida, en las técnicas de salida y viraje o en el toque final, fueron eliminadas al analizar únicamente los “tiempos de nado”.

**Procedimiento:**

Para la determinación de los tiempos de nado se empleó el análisis cinemático, a partir de la filmación en vídeo de las pruebas de 50 m. realizadas por los nadadores. Todo el equipo de filmación se instaló sobre el graderío de la piscina, junto a uno de los lados largos del vaso. En la Figura 1 se representa de manera esquemática la distribución final de los materiales de filmación, la ubicación del sistema de referencias, así como las distancias y tiempos de paso acotados por éste ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ , y  $T_4$ ).

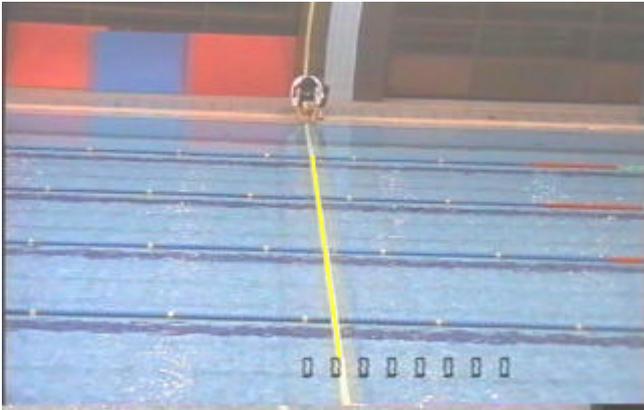
**Fig. 1. Distribución de los materiales y ubicación del sistema de referencias**



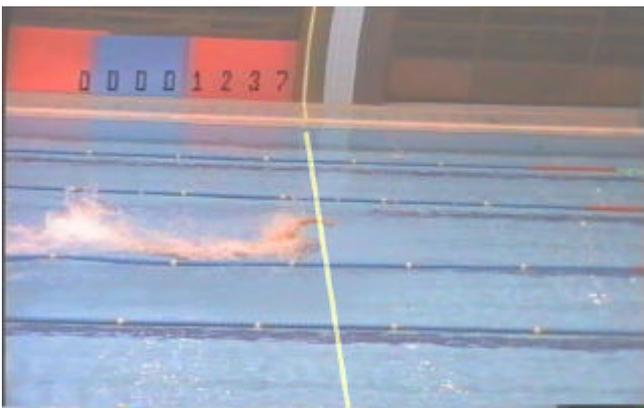
Los nadadores comenzaron uno por uno a realizar las pruebas de 50 m. en el orden preestablecido, utilizando para ello una de las calles centrales del vaso. El fondo del vaso se desplazó cuando fue preciso para conseguir la profundidad requerida en cada

uno de los tratamientos (1,3 ó 2,2 m.). Todas las pruebas fueron filmadas y recogidas en un solo videocasete, junto con el registro de los tiempos en centésimas de segundo.

**Figura 2. Digitalización del sistema de referencias**



**Figura 3. Nadador pasando por el sistema de referencias**



Posteriormente, en el laboratorio de la Unidad de Biomecánica del C.A.R.I.C.D. se procedió al análisis de las pruebas filmadas. Para ello, en primer lugar se visionó el sistema de referencias, el cual fue filmado de manera previa a la experimentación. La imagen de las dos líneas de referencia fue capturada para su digitalización (ver Figura 2). Una vez hecho esto, las líneas de referencia digitalizadas se superpusieron sobre las imágenes de los nadadores (ver Figura 3), permitiendo determinar los tiempos de paso  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ , y  $T_4$  (ver Figura 1) por ambas líneas. Se visionaron todas las pruebas

filmadas, con el objeto de registrar para cada nadador y tratamiento ( $x_1$  y  $x_2$ ) los tiempos mencionados. En todos los casos se estableció como criterio fijo tomar el tiempo de paso del nadador cuando su punto vertex (cabeza) tocaba las líneas digitalizadas en la pantalla. Los diferentes tiempos de paso fueron anotados en una hoja de registro. El proceso descrito se volvió a repetir de nuevo con el objeto de contrastar los registros iniciales. En aquellos casos en los que existió alguna pequeña discrepancia entre el primer y el segundo análisis, se tomó como referencia el tiempo medio. Por último se calcularon los tiempos de nado de los 20 nadadores en cada una de las dos pruebas de 50 m., aplicando la fórmula: Tiempo de nado =  $(T_2 - T_1) + (T_4 - T_3)$ .

### 3. RESULTADOS

El análisis de datos puso de manifiesto que la media de los tiempos de nado obtenidos por los nadadores al realizar una prueba de 50 m. libres con el fondo del vaso situado a 1,3 m. de profundidad, no mostraba diferencias significativas con la de los tiempos de nado que consiguieron al llevar a cabo la misma prueba pero con el fondo del vaso a 2,2 m. de profundidad uniforme ( $t_{19}=,072$ ;  $p=,944$ ) (ver Tabla 4).

	n	SUBGRUPO A		n	SUBGRUPO B	
		Media <sup>1</sup>	Desv. Tip.		Media <sup>1</sup>	Desv. Tip.
Tratamiento $x_1$	10	922,800	52,605	10	946,600	46,116
Tratamiento $x_2$	10	936,100	56,475	10	932,700	48,769

1. Centésimas de segundo.

### 4. DISCUSIÓN

En la investigación efectuada no se ha encontrado ninguna evidencia que fundamente las opiniones de diversos autores (Navarro Valdivielso 1973; Elliott 1986-1987; Gabrielsen 1987; Thorpe 1988; Wiseman 1995) que, aunque sin base experimental, indicaban que un vaso de poca profundidad representaba un impedimento de cara a la consecución de tiempos más rápidos.

Aunque la muestra empleada en el estudio se seleccionó de forma intencional y, por lo tanto, los resultados no son generalizables a todos los nadadores, podría decirse que entre nadadores jóvenes, con un nivel de competición relativamente alto como los que participaron en el estudio, la mayor o menor profundidad del vaso no parece ejercer influencia alguna sobre los tiempos de nado.

### 5. CONCLUSIONES

En el caso de nadadores jóvenes con un nivel de competición relativamente alto, las diferentes profundidades del vaso de la piscina consideradas en el estudio no parecen

ejercer ninguna influencia sobre los tiempos de nado conseguidos en una prueba de velocidad. En este sentido, sería interesante que la Federación Española de Natación revisara los últimos requerimientos de profundidad establecidos para la homologación de "piscinas de natación" (R.F.E.N. 2000), los cuales sitúan en 1,4 m. la profundidad mínima del vaso en toda su superficie. Esta directriz limita en gran medida la posibilidad de compatibilizar en un mismo vaso la práctica de la natación con la de otros tipos de programas acuáticos de carácter no reglado, que son demandados mayoritariamente por la población y que precisan para su adecuado desarrollo vasos de menor profundidad (Rodríguez Romo 2001).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arellano, R. (1994). El análisis cinemático de la competición: su utilización en el entrenamiento. *Natación, Saltos y Waterpolo*, 1, 24-35.
2. Caragol Urgellés, M. I. (1987). Incidencias en la construcció i projecció d'instal·lacions. Les piscines. *Apunts: Educació Física*, 7, 39-44.
3. Counsilman, J. E., et al. (1988). Three types of grab starts for competitive swimming. En B. E. Ungerechts et al., *Swimming Science V*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 81-91.
4. Elliott, R. (1986-1987). Building a Better Pool. *Swimming Technique*, 3, 29-31.
5. Gabrielsen, M. A. (1980). Spinal cord injuries resulting from diving. En E. L. Priest (ed.), *Aquatics in the 80's. Conservation, Education and Research*. Indianapolis: Council for National Cooperation in Aquatics, 31-41.
6. Gabrielsen, M. A. (1987). *Swimming pools, a guide to their planning, design and operation*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
7. Gabrielsen, M. A. y Mittelstaedt, A H. (1994). Causes of pool diving accidents. En E. F. Hoerner (ed.), *Head and neck injuries in sports*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 57-69.
8. García Jiménez, M. V. (1995). *El método experimental en la investigación psicológica*. Barcelona: EUB.
9. Gilbert, R. R. (1994). A uniform minimum safe diving depth for swimming facilities. En Hoerner E. (ed.), *Head and Neck Injuries in Sports*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 77-84.
10. Hunsaker, D. J. (1984). El papel del preparador en el proyecto de una piscina para natación. En J. E. Counsilman, *La natación: ciencia y técnica*. Barcelona: Hispano-Europea, 669-676.

11. Hunsaker, D. J. (1992). Swimming in the fast lane. *Athletic Business*, 5, 31-36.
12. Larsen, O. W., Yancher, R. P. y Baer, C. L. (1981). Boat design and swimming performance. *Swimming Technique*, Aug-Oct, 38-44.
13. Lyttle, A. D, Blanksby B. A., Elliott B. C. y Lloyd D. G. (1998). The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *Journal of Swimming Research*, 13, 15-22.
14. Lyttle, A. D, Blanksby B. A., Elliott B. C. y Lloyd D. G. (1999). Optimal depth for streamlined gliding. En Keskinen K. L. (ed.) et al., *Biomechanics and medicine in swimming VIII*, 165-170.
15. Lyttle, A. D, Blanksby B. A., Elliott B. C. y Lloyd D. G. (2000). The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *Swimming in Australia*, 1, 72-77.
16. Navarro Valdivielso, F. (1973). El ritmo de nado, determinante de buenos resultados. *Tesis de Licenciatura*. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física.
17. R.F.E.N. (2000). *Reglamento General*. Madrid: Real Federación Española de Natación.
18. Rodríguez Romo (2001). La profundidad de los vasos polivalentes cubiertos: una respuesta a las diferentes demandas y un factor de ahorro en la gestión. *Tesis Doctoral*. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física, Universidad Politécnica de Madrid.
19. Sheehan, D. y Laughrin, D. (1992). Device for quantitative measurements of hydrodynamic drag on swimmers. *Journal of Swimming Research*, 8, 30-33.
20. Stonor, B. (1986). Swimming pools or leisure lagoons?. The Planners' Dilemma. *Leisure Management*, 9, 53-55.
21. S. Technique (1981-1982). Designs on speed. *Swimming Technique*, 3, 17-20.
22. Thorpe, S. T. (1988). Competitive pools that measure up. *Athletic Business*, 8, 34-40.
23. Welch, J. H. y Owens, V. L. (1986). Water Depth Requirements of Competitive Racing Starts. *Journal of Swimming Research*, 3, 5-7.
24. Wiseman, W. K. (1995). The competitive edge. *Athletic Business*, 10, 51-58.