

## P&R

**P:** Roger Moore, un entrenador de sénior masculino, de la escuela Pembroke, Adelaide, del Sur de Australia pregunta: “¿Tiene usted algunas cifras en relación al peso del timonel y su efecto en la velocidad del bote? Tengo una carrera importante en pocas semanas y mi timonel tiene 11 kg de sobrepeso, y nuestras carreras ahora son definidas por diferencias de solo 1 a 2 s.”

Otro entrenador me hizo una pregunta similar: “¿Sería posible utilizar la fórmula para determinar el efecto del peso muerto en la velocidad del bote... para calcular el tiempo esperado para un cuatro con timonel, basándose en su tiempo en 2000 m en el cuatro sin timonel? En otras palabras, Es un cuatro con timonel nada más que un cuatro sin timonel con 55 kg de exceso de equipaje en términos de factor de resistencia?”

**R:** Estos son tres componentes de la influencia del peso muerto extra en la velocidad, que lo afecta en diferentes direcciones:

1. Mayor fricción causada por un aumento en la masa del sistema y consecuentemente un mayor desplazamiento de agua.

2. Mayores pérdidas inerciales, la cual disminuye la potencia propulsiva, porque los remeros tienen que mover una mayor masa hacia adelante y hacia atrás.

3. Menor pérdida de energía causada por la reducción de la fluctuación de la velocidad del casco en el agua.

Esta primera componente puede ser estimada utilizando las ecuaciones empíricas de la dependencia del coeficiente de fricción y la masa del remero (RBN 2007/07). El coeficiente de rozamiento depende del monto del agua desplazada por el casco, la cual equivale a la masa total del sistema. Por lo consiguiente, podemos añadir peso muerto a la masa del remero. Necesitamos calcular dos valores (DF1 y DF2, del inglés, drawing factor 1 y 2 respectivamente) para el coeficiente de rozamiento para cada masa (con y sin peso muerto) utilizando las ecuaciones de la tabla 1 de RBN 2007/07. Entonces utilizando la ecuación  $P = DF \cdot V^3$  y asumiendo que la producción de esa potencia  $P$  es constante podemos despejar la ecuación para la proporción entre las velocidades:

$$V_1 / V_2 = (DF_1 / DF_2)^{1/3}$$

La fuerza de fricción causada por 1 kg de peso muerto extra por remero en el sistema disminuye la velocidad del bote en un 0.061% o 0.21 s sobre una carrera de 2000 m en un tiempo de 5 min 40 s.

La segunda componente (pérdidas inerciales) puede ser determinada utilizando los modelos matemáticos con un movimiento sinusoidal de dos masas conocidas relativas a cada una. Encontramos que ante una frecuencia de 36 remadas por minuto y un desplazamiento relativo de 0.6 m, cada 1kg extra de peso muerto por remero disminuye la velocidad del bote en un 0.33% o 1.13 s sobre una regata de 2000 m. Este valor depende de la técnica del remero y puede ser reducida mediante la transferencia de energía cinética al remo en el final de la remada (RBN 2006/10). Usando el análisis de los datos medidos lo tomamos como 0.24% o 0.81 s sobre una carrera de 2000 m.

Modelamos la tercera componente de manera similar y encontramos que cada 1kg extra de peso muerto por remero puede disminuir la velocidad del bote en un 0.11% o 0.37 s sobre una regata de 2000 m. Creemos que se trata de un valor máximo; cuando, debido a una mala técnica los remeros apresuran la fase de recuperación incrementando la fluctuación en la velocidad del casco, entonces este valor puede ser reducido (RBN 2007/10).

La siguiente tabla evalúa la conjunción de estos tres resultados, asumiendo la ejecución de una buena técnica:

1kg por remero de PM extra	Pérdida de velocidad.(%)	Carrera de 2 km en 5:20	Carrera de 2 km en 7:10
Coefficiente de fricción	-0.061 %	+0.20 s	+0.26 s
Pérdidas inerciales	-0.240 %	+0.77 s	+1.03 s
Fluctuación de velocidad	+0.110 %	-0.35 s	-0.47 s
<b>Sumatoria</b>	<b>-0.191 %</b>	<b>+0.61 s</b>	<b>+0.82 s</b>

**Cada 1kg de peso extra por remero puede disminuir la velocidad del bote en 0.19% o alrededor de 0.7s en una regata de 2 km.**

Cuando nos referimos a la segunda pregunta acerca de los cuatro con y sin timonel, encontramos que esos 55 kg de peso muerto extra (PME) en un cuatro (13.75 kg por remero) puede hacer el bote 9.5 s más lento sobre una carrera de 2 km en 6:00. Un análisis similar para un par (27.5 kg de PME por remero) arroja un resultado de 21.3 s más lento sobre 2 km en 6:40.

Comparamos estos valores con los resultados de las Olimpiadas del 92, ultimo evento en el cual se llevaron a cabo regatas de cuatro y dos con timonel. La diferencia entre los resultados entre M4- Y M4+ para los ganadores fue de 4.3 s, y el promedio para los finalistas fue de 6.4 s, los cuales son menores que el anterior valor. En M2+ Y M2- estas diferencias fueron de 22.1 y 20.5 respectivamente, estos últimos se ajustan con mayor precisión al valor predicho.

Las condiciones biomecánicas son todas completamente diferentes; en botes con timonel más pesados, es más difícil transferir potencia a través del posa pie (RBN 2008/12). La conducción de las piernas es más lenta y una carga mayor es aplicada a la parte superior del cuerpo. Por lo tanto el remo en botes con timonel es mucho más parecido al remo en un ergómetro. En botes sin timonel, una conducción de piernas y trabajo más rápido a través del posa pie son más importantes.

Nuestro factor total -0.19% corresponde completamente bien con los encontrados por otros autores (1, 2). De cualquier manera ellos analizaron únicamente el factor de rozamiento, el cual representa únicamente el 30% del valor total en nuestro análisis. Probablemente sea necesaria una discusión más oportuna al respecto.

## Referencias

1. Atkinson B. 2001. The Effect of Deadweight. <http://www.atkinsoph.com/row/deadwght.htm>
2. Dudhia A. 2008. Effect of Weight in Rowing. <http://www-atm.atm.ox.ac.uk/rowing/physics/weight.html#section7>

## Contáctanos:

- ✉ ©2008: Dr. Valery Kleshnev, [klevel@btinternet.com](mailto:klevel@btinternet.com), [www.biorow.com](http://www.biorow.com)