



## TECNICA PARA EL EMPLEO DE LA PALA WING POR LOS KAYAKISTAS DE ALTO NIVEL EN AGUAS TRANQUILAS

Autores: Selina J. KENDAL  
Ros H. SANDERS

Se ha analizado la técnica de los kayakistas de alto nivel de Nueva Zelanda que utilizan la pala noruega Wing, con el fin de establecer la identidad de los factores que llevan al éxito. Se filmó a cinco kayakistas masculinos de Nueva Zelanda con dos cámaras cinematográficas de alta velocidad. Con los datos de la película se determinaron las trayectorias del extremo de la hoja y de los centros articulares. Las velocidades oscilaron de 4'63 a 5'38 m/s. La frecuencia de palada fue de 1'93 a 2'36 ciclos/s. Los resultados indicaron que los kayakistas de mayor éxito, basado en actuaciones competitivas anteriores, tenían pautas de movimiento y trayectorias de la hoja similares y que éstas diferían de las de los kayakistas de menor éxito. A lo largo de las pruebas los recorridos del extremo de la hoja y del centro de articulación se hicieron más constantes. Los kayakistas de mayor éxito introducían mejor su hoja hacia adelante y más cerca del eje longitudinal del kayak de lo que lo hacían los kayakistas con menores logros y movían la hoja lateralmente a gran distancia del kayak y sólo a una distancia pequeña hacia atrás con respecto al agua.

El kayakista olímpico de agua tranquila necesita un alto nivel de habilidad para tener éxito a nivel internacional y, continuamente, se están haciendo modificaciones en la técnica y en el equipo para mejorar sus resultados. En Suecia, se ha desarrollado un nuevo tipo de pala, llamado pala Wing, debido a la forma de su hoja, y se cree que mejora el rendimiento de sus usuarios. Recientemente, la pala Wing sueca se ha modificado ampliamente en Noruega y este nuevo diseño lo usan en la actualidad los kayakistas internacionales. Se conoce poco sobre los factores que están asociados con esta técnica superior de palear con la pala Wing. Se han publicado varios análisis descriptivos de la palada en kayak con el diseño standard de la pala (Kearney, Klein & Mann, 1979; Mann & Kearney, 1980; Mann, Kearney & Kaufmann, 1978; Plagenhoef, 1971, 1979), pero las informaciones científicas sobre la técnica de la pala Wing son muy escasas. Sin embargo, está claro que la técnica de la pala wing difiere de la técnica de la pala standard (Thompson, 1985).

Según Anderson (1988), la hoja se mueve diagonalmente lejos del kayak, generando una fuerza propulsiva ascensional cuando el agua corre sobre la hoja sueca de forma de ala (Figura 1).

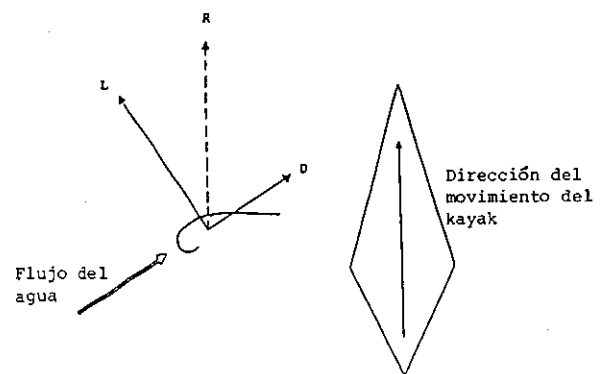


Figura 1.- La producción de fuerzas de empuje ascensional y de resistencia al avance sobre la hoja wing en el kayak.  
D = fuerza de resistencia al avance sobre la hoja;  
L = fuerza de empuje ascensional sobre la hoja;  
R = fuerza resultante

Colman, Van Oost, Persyn y Deldaele (1989) compararon la técnica de un kayakista que empleaba la pala standard y la pala wing. Se comprobó que el movimiento lateral de la hoja wing desplazaba una gran cantidad de agua a corta distancia, haciendo que el kayak cubriera una distancia mayor durante el impulso con la pala wing que con la pala standard. Issourin (1989) estudió las pautas de movimiento de una hoja wing y comprobó que en todas las paladas la hoja estaba orientada en pequeños ángulos de ataque según la dirección de la corriente de agua. Sacó la conclusión de que un pequeño ángulo de ataque era importante para producir una fuerza propulsiva ascendente.

Sanders y Kendal (en prensa) estudiaron a varios kayakistas clasificados según su capacidad, de principiantes a alto

nivel, para determinar los factores asociados con el empleo de la pala wing sueca y que producen un rendimiento superior. Los datos obtenidos con la visión lateral se complementaron con los datos de la visión frontal para obtener un cuadro más completo de la pauta de movimiento de segmentos del cuerpo y del recorrido de la pala. Se comprobó que las buenas ejecuciones se distinguían por una alta frecuencia de paleo más que por una gran longitud en el recorrido de la pala. Los buenos kayakistas conseguían mayores frecuencias de palada disminuyendo a la vez el tiempo de impulsión y el de deslizamiento.

El propósito de este estudio era identificar los factores asociados con la técnica ventajosa de paleo en kayak, usando la pala wing noruega y reunir datos de kayakistas de alto nivel, formando un standard con el que se pudiera comparar a los kayakistas que no son de este nivel. En este estudio hemos investigado la relación entre frecuencia de paleo, tiempo de impulsión, tiempo de deslizamiento, longitud de la palada, longitud del impulso, longitud del deslizamiento, alcance hacia adelante, alcance hacia atrás y resbamiento, y el criterio de rendimiento: la velocidad media del kayak. Las trayectorias de los centros articulares se han descrito con respecto al centro de movimiento del kayak y el recorrido del extremo de la hoja se ha descrito con respecto al centro de movimiento del kayak y el agua.

Las trayectorias del centro articular y del extremo de la hoja fueron descritas por Plagenhoef (1971, 1979) y por Mann y Kearney (1980) para la técnica del empleo de la pala standard.

Según nuestro entender estas trayectorias no se han escrito aún para kayakistas de alto nivel que utilicen la pala Wing noruega.

## METODO

### Preparación del kayak y de los participantes

Participaron en el estudio cinco kayakistas masculinos de Nueva Zelanda (S1 a S5) con edades comprendidas entre 22 y 37 años (media = 26 años). Todos habían competido a nivel internacional.

Los kayakistas S3 y S5 eran los que habían obtenido mayor éxito, basado en actuaciones competitivas anteriores. Cada individuo fue filmado mientras realizaba una serie de cinco pruebas en las que aceleraba en una distancia elegida por él (mayor de 50 metros), para alcanzar la velocidad máxima justo antes de moverse dentro del campo de filmación. Todos los participantes usaban su propio kayak y la pala Wing noruega.

Se pusieron círculos negros marcados sobre cinta blanca en el costado del kayak en línea con el final de la bañera, para que sirvieran de referencia para determinar el factor

de escala usado en los análisis posteriores. El centro del kayak se tomó como el punto medio de esas marcas. Una tira de madera en forma de T con marcas arriba, abajo y a ambos lados, se sujetó en posición invertida en la parte superior del kayak a una distancia medida desde la proa. Esto permitía utilizar un factor de escala que se determinaba desde la vista frontal. La pala se marco en cada extremo del mastil y se midió la distancia de estas marcas hasta el extremo de la hoja.

### Recopilación de datos

Para filmar las pruebas se usaron dos cámaras de alta velocidad, 16 mm. Fotosonics de fase cerrada, provistas de objetivos zoom Angenieux 12-150 mm. La cámara 1 (lateral) se colocó con el eje del objetivo perpendicular al plano de movimiento, a una distancia de 20 metros aproximadamente. La cámara 2 (frontal) se colocó con el eje del objetivo en el plano deseado de movimiento a una distancia del kayak en movimiento, que variaba desde aproximadamente 20 m. a 10 m. en el transcurso de cada una de las pruebas filmadas. Se dió instrucciones a los participantes para que palearan directamente hacia esta cámara. Las cámaras operaban a una velocidad nominal de 100 fotogramas por segundo, con una obturación de 90° (tiempo efectivo de exposición 1/400 segundos).

Las pruebas en las que se efectuaban dos paladas consecutivas (una palada por la derecha seguida por una por la izquierda), que no estaban a la vista de la cámara lateral, o en las que el kayak no se movía directamente hacia la cámara frontal, no se consideraron para el análisis. Se analizaron cuatro pruebas para todos los participantes con la excepción del S2, a quien sólo se le analizó una prueba.

Se utilizó un digitalizador Calcomp 9100 para digitalizar cada prueba dese 10 fotogramas antes de la entrada del lado derecho de la hoja hasta 10 fotogramas después de su vuelta a entrar.

Para la vista lateral se digitalizaron los puntos de referencia siguientes: punto de referencia externa, marca de la popa, marca de la proa, marca de la pala derecha, marca de la pala izquierda, vértice de la cabeza, 7ª vértebra cervical, hombro derecho, codo derecho, muñeca derecha, centro de la mano derecha, hombro izquierdo, codo izquierdo, muñeca izquierda y centro de la mano izquierda.

Para la visión frontal se digitalizaron los puntos de referencia siguientes: punto de referencia externa, punto superior de la tira T, punto inferior de la tira T, punto derecho de la tira T, punto izquierdo de la tira T, vértice, punto más bajo de la línea media, marca de la pala derecha, marca de la pala izquierda, hombro, codo y centro de la mano del lado del lado derecho, hombro, codo y centro de la mano del lado izquierdo. Las coordenadas digitalizadas de

la película se introdujeron en un programa de análisis Fortran que calculó las variables cinéticas.

#### Sistemas de referencia

Los registros de las coordenadas X, Y y Z, de cada punto de datos se filtraron utilizando un filtro digital Butterworth de segundo orden empleando un interruptor de frecuencia óptima para reducir los errores debidos al azar, asociados con el proceso de digitalización. Las frecuencias de interrupción estuvieron siempre dentro del orden de 5 a 7 Hz. Los puntos de datos se expresaron en función de su desplazamiento a lo largo de tres ejes ortogonales:

1. El eje X, era el eje horizontal perpendicular al eje óptico de la cámara lateral y se hallaba en el plano aproximado de movimiento del kayak. Las coordenadas X se expresaron de dos modos: (a) con respecto al centro del kayak al comienzo del ciclo de palada, denominado sistema de referencia externo; (b) con respecto al centro del kayak en movimiento, llamado sistema de referencia interno.

2. El eje Y, era el eje horizontal perpendicular al plano de movimiento del kayak. Los datos de la coordenada Y, se digitalizaron de la película de la cámara frontal. La reducción a escala del eje Y se ajustó en todas las pruebas para cada punto de referencia teniendo en cuenta su desplazamiento en X (determinado por la vista de la cámara lateral) desde el plano de la película de la cámara frontal. Las coordenadas Y, se expresaron con respecto al centro del kayak en movimiento en el sistema de referencia interno.

3. El eje Z, era el eje vertical en el plano de movimiento del kayak. Las coordenadas Z se obtuvieron de la película digitalizada tomada desde la cámara lateral. Estas se expresaron con respecto al centro del kayak en movimiento en el sistema de referencia interno.

#### Análisis de datos

Las variables que se seleccionaron para su análisis en este estudio fueron la velocidad media del kayak, frecuencia de paleo, tiempo de impulsión, tiempo de deslizamiento, longitud de la palada, longitud del impulso y longitud del deslizamiento para los ciclos de palada a derecha y a izquierda; alcance hacia adelante, alcance hacia atrás, y resbalamiento para el ciclo de palada a derecha solamente: trayectoria del extremo de la hoja derecha y trayectorias del centro articular para hombro, codo y mano derechos. Los valores instantáneos de velocidad del kayak se derivaron de los datos de posición del centro del kayak.

Los valores de velocidad máxima, velocidad mínima, disminución de velocidad y el tiempo a velocidad máxima se determinaron a partir de los ciclos de palada izquierda y derecha. La disminución en velocidad del kayak se calculó como la diferencia entre los valores de velocidad

máxima y mínima durante el ciclo de palada. El tiempo a velocidad máxima se calculó como el tiempo desde la entrada de la hoja a velocidad máxima.

La variable dependiente, velocidad media del kayak, es el producto de la frecuencia de palada y la longitud de palada. La frecuencia de palada, inversa del tiempo de palada, consta de dos componentes: tiempo de impulsión y tiempo de deslizamiento. El tiempo de impulsión es el tiempo que va desde la entrada de la hoja a su salida por el mismo lado. El tiempo de deslizamiento es el que va desde la salida de la hoja hasta que ésta vuelve a entrar por el lado contrario. La longitud de palada se determina como la distancia recorrida por el centro del kayak desde la entrada de la hoja hasta que vuelve a entrar por el lado contrario y también consta de dos componentes, longitud de impulsión y longitud de deslizamiento. La longitud de impulsión es la distancia recorrida por el centro del kayak durante el período que va desde la entrada de la hoja hasta su salida por el mismo lado. La longitud de deslizamiento es la distancia recorrida por el centro del kayak durante el tiempo que va desde la salida de la hoja hasta que vuelve a entrar por el lado contrario.

La longitud de impulsión se compone de tres variables: alcance hacia adelante (desplazamiento horizontal del extremo de la hoja a la entrada en relación con el centro del kayak), alcance hacia atrás (el desplazamiento horizontal del extremo de la hoja a la salida en relación con el centro del kayak), y resbalamiento. El resbalamiento es el desplazamiento horizontal del extremo de la hoja mientras está en el agua a lo largo del eje X con respecto al sistema de referencia externo.

El recorrido del extremo de la hoja se ha considerado como la trayectoria del extremo de la hoja derecha con respecto al centro del kayak, desde el momento que va desde la entrada de la hoja del lado derecho hasta que ésta vuelve a entrar otra vez. Se calculó la posición del extremo de la hoja sumando la distancia medida entre el extremo de la hoja y el punto conocido de referencia de la pala, hasta el punto de referencia de la pala del lado derecho.

El recorrido del extremo de la hoja se expresó con respecto al sistema de referencia interno para la vista lateral (X, Z) y una vista plana (X, Y), (reconstruída a partir de las vistas de ambas cámaras, lateral y frontal) y con respecto al sistema de referencia externo de una vista plana (X, Y). Las trayectorias del centro de articulación de hombro, codo y mano derechos, se expresaron con respecto al sistema de referencia interno para las vistas laterales (X, Z) y plana (X, Y). Para facilitar la comparación entre los participantes, se determinaron los valores de trayectoria y velocidad mediante los porcentajes de palada aplicando una interpolación a las muestras de datos del tiempo real.

Las desviaciones media y standard de la serie de pruebas de cada individuo se calcularon para todas las variables. La

velocidad media del kayak se utilizó como una medida del rendimiento y sirvió como variable dependiente en el análisis estadístico. Se represento para cada variable independiente el análisis de correlación producto-momento de Pearson y de regresión simple para señalar su relación con la velocidad media del kayak.

**RESULTADOS Y SU DISCUSION**

**Velocidad**

Los cuadros 1 y 2 presentan la velocidad media del kayak y las velocidades máxima y mínima durante el ciclo de palada a la derecha y a la izquierda, respectivamente, para cada participante.

Cuadro 1.- Resultado medio para la serie de pruebas de cada participante durante el ciclo de palada del lado derecho.

Participante		Velocidad media kayak (m/s)	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Disminución en velocidad (m/s)	Tiempo a vel.máx. (% ciclo)
1	M	5.38	5.55	5.31	0.25	25
	SD	0.08	0.09	0.07	0.06	1.03
2	M	5.14	5.45	5.02	0.43	26
	SD	0.05	0.06	0.07	0.10	1.03
3	M	4.97	5.24	4.88	0.44	21
	SD	0.05	0.06	0.07	0.10	1.03
4	M	4.77	4.98	4.61	0.34	25
	SD	0.06	0.13	0.04	0.08	0.71
5	M	4.71	4.88	4.52	0.44	28
	SD	0.18	0.13	0.09	0.08	0.65

M = media  
SD = desviación standard

Cuadro 2.- Resultado medio para la serie de pruebas de cada participante durante el ciclo de palada del lado izquierdo.

Participante		Velocidad media kayak (m/s)	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Disminución en velocidad (m/s)	Tiempo a vel.máx. (% ciclo)
1	M	5.29	5.49	5.11	0.36	29
	SD	0.07	0.06	0.04	0.03	1.32
2	M	5.06	5.41	4.79	0.62	26
	SD	0.05	0.04	0.01	0.04	0.63
3	M	5.03	5.31	4.59	0.72	29
	SD	0.05	0.04	0.01	0.04	0.63
4	M	4.63	4.80	4.53	0.28	21
	SD	0.07	0.06	0.07	0.03	2.93
5	M	4.65	4.83	4.41	0.42	31
	SD	0.09	0.06	0.08	0.06	0.87

La velocidad media de kayak va desde 4,63 m/s (S4) a 5,38 m/s (S1). La velocidad máxima de kayak es de 4,80 m/s (S4) hasta 5,55 m/s (S1). La velocidad mínima de

kayak va desde 4,41 m/s (S5) hasta 5,31 m/s (S1). Los participantes con la velocidad media de kayak más alta tuvieron velocidades máximas mayores ( $r = 0,92$ ,  $R^2 = 0,98$ ,  $p < 0,01$ ) y velocidades mínimas ( $r = 1,04$ ,  $R^2 = 0,98$ ,  $p < 0,01$ ) que los que obtuvieron velocidades medias de kayak más bajas.

Las velocidades del kayak durante dos paladas consecutivas (una palada a la derecha seguida por una palada a la izquierda), se muestran en la Figura 2, para todos los participantes.

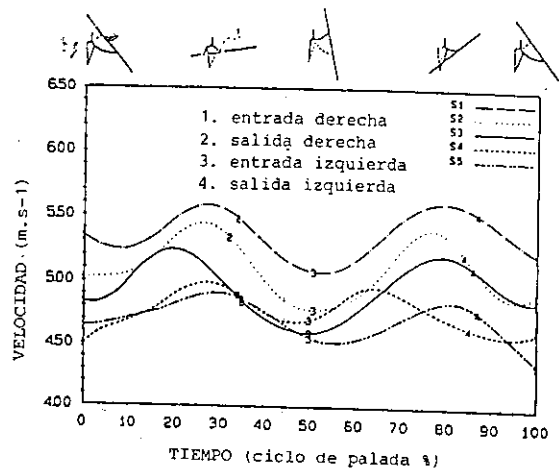


Figura 2.- Velocidad el centro del kayak durante los ciclos de palada derecha e izquierda. La secuencia de figuras indica las fases del ciclo de palada desde una visión lateral. Las líneas sólidas representan el lado derecho del palista y las de trazos y puntos el lado izquierdo.

Próximo capítulo:

- TECNICA PARA EL EMPLEO DE LA PALA WING POR LOS KAYAKISTAS DE ALTO NIVEL EN AGUAS TRANQUILAS (Continuación).



Los Kayakistas con más éxito, basado en anteriores actuaciones competitivas, no alcanzaron las mayores velocidades medias de kayak. Esto puede deberse a la corta distancia de las pruebas en comparación con las distancias de competición. Aunque algunos kayakistas tuvieron velocidades medias de kayak elevadas y frecuencias de palada altas, no se sabe si éstas podrían haberse mantenido en la distancia completa de una competición.

La velocidad aumentaba durante la fase de impulsión de la palada y disminuía antes de la salida de la hoja y en la fase de deslizamiento, debido al efecto de resistencia al avance (figura 2). La velocidad máxima se alcanzó antes de la salida de la hoja para todos los participantes, lo cual indicaba la existencia de un período hacia el final de la fase de impulsión en el que no se producía bastante fuerza para mantener la velocidad del kayak durante el período que precedía a la salida de la hoja. La velocidad mínima ocurría cerca del instante de entrada de la hoja por el lado contrario.

Las pautas de velocidad fueron asimétricas para todos los kayakistas durante los ciclos de palada derecha e izquierda (figura 2). La velocidad máxima para cada individuo y el tiempo empleado para alcanzarla difiere en los ciclos de palada derecha e izquierda. La disminución en velocidad difiere también en los ciclos de palada derecha e izquierda para todos los participantes.

Esta asimetría entre kayakistas de alto nivel puede deberse a diferencias en fuerza y coordinación entre los lados dominante y no dominante del cuerpo.

Los cuadros 1 y 2 muestran que la disminución media en velocidad de kayak desde la velocidad máxima previa a la salida de la hoja y en la fase completa de deslizamiento va desde 0,25 m/s para el S1, hasta 0,72 m/s para el S3. La disminución de velocidad del kayak varía entre los participantes.

Esto puede deberse a varios factores que incluyen el ritmo y magnitud de su velocidad máxima, el tiempo que las hojas estuvieron fuera del agua, el área humedecida del kayak, y el ángulo del kayak con respecto a la línea de recorrido señalada.

Puesto que la resistencia al avance tiende a aumentar en proporción al cuadrado de la velocidad (Hay 1985), podría haberse visto que participantes que alcanzaron una gran velocidad durante la fase de impulsión hubieran experimentado una gran disminución de velocidad durante la fase de deslizamiento. Sin embargo, no se encontró relación alguna entre la velocidad máxima y la cantidad de disminución durante la fase de deslizamiento.

Esto sugiere que otros factores además de la velocidad tuvieron una influencia substancial en la resistencia al avance, experimentada durante la fase de deslizamiento.

#### Frecuencia de palada

La frecuencia de palada osciló desde 1'93 ciclos/s, para el S5, hasta 2,26 ciclos/s para el S1 (cuadro 3).

#### Cuadro 3.- Resultado medio en el conjunto de pruebas de cada participante.

(Promediado de los ciclos de palada derecha e izquierda).

Participante		Velocidad media kayak (m/s)	Frecuencia palada (ciclos/s)	Tiempo de palada (seg.)	Tiempo <sup>a</sup> de impuls. (seg.)	Tiempo <sup>b</sup> de deslizam. (seg.)
1	M	5'33	2'26	0'44	0'30(70)	0'13(30)
	SD	0'09	0'02	0'00	0'00(1'7)	0'00(1'7)
2	M	5'10	2'00	0'50	0'33(65)	0'18(35)
	SD	0'06	0'04	0'01	0'01(2'0)	0'02(2'0)
3	M	5'00	1'96	0'51	0'36(71)	0'15(29)
	SD	0'06	0'02	0'01	0'00(0'7)	0'01(0'7)
4	M	4'70	2'03	0'49	0'34(69)	0'15(28)
	SD	0'12	0'02	0'01	0'01(0'7)	0'00(0'7)
5	M	4'68	1'93	0'52	0'37(72)	0'15(28)
	SD	0'16	0'02	0'01	0'01(0'6)	0'00(0'6)

Tiempo<sup>a</sup> de impulsión como porcentaje del tiempo de palada en paréntesis.  
Tiempo<sup>b</sup> de deslizamiento como porcentaje del tiempo de palada en paréntesis.

Aunque S1 tuvo la velocidad media de kayak más alta y también la mayor frecuencia de palada, no se encontró relación entre la frecuencia de palada y la velocidad de kayak. Anderson (1988, pág. 127) establece que "la frecuencia de palada ha disminuido con la pala wing por haberse producido una palada más larga, más lenta y más poderosa". Aunque algunos de los participantes de este estudio tuvieron frecuencias de palada con la pala wing aproximadas a las reseñadas por Plagenhoef (1979) para la pala standard, no está claro hasta que alcance se podría haber mantenido la frecuencia de palada y las velocidades de kayak por los participantes en este estudio en distancias de competición.

**Tiempo de impulsión y tiempo de deslizamiento**

El tiempo de impulsión varía entre 0,30 s. para el S1 y 0,37 para el S5 (cuadro 3). El tiempo de impulsión se expresó como un porcentaje del tiempo de palada, que varió desde un 65% para el S2 hasta un 72% para el S5. Estos valores fueron similares a los recogidos (Mann & Kearney), 1980; Plagenhoef, 1979) para la pala standard. Plagenhoef (1979) sacó la conclusión de que el valor ideal para el tiempo de impulsión con la pala standard era de un 69% del tiempo de palada. Esto se basaba en datos obtenidos de kayakistas de alto nivel que competían en regatas internacionales importantes, incluyendo las Olímpicas de Montreal del año 1976.

Mann y Kearney (1980) estudiaron a kayakistas de aguas tranquilas masculinos y femeninos de estilo olímpico que

usaban palas standard y encontraron que sus tiempos de impulsión estaban entre un 66% y un 80% del tiempo de palada. La media fue de 71,5%. Aunque el S1 tuvo la mayor velocidad media de kayak y también el tiempo de impulsión más corto, no se encontró relación entre el tiempo de impulsión y la velocidad de kayak.

No obstante, se encontró una relación entre el tiempo de impulsión y el tiempo de palada ( $r = 1,07$ ,  $R^2 = 0,94$ ,  $p = 0,018$ ) lo que sugiere que si se reduce el tiempo de impulsión disminuye el tiempo de palada.

El tiempo de deslizamiento varía entre 0,13 s. para el S1 y 0,18 s. para el S2 (cuadro 3). El tiempo de deslizamiento como un porcentaje del tiempo de palada fue de un 28% para los S4 y S5 a un 35% para el S2. No se encontró una relación importante entre el tiempo de deslizamiento y la velocidad de kayak. De modo similar, tampoco se encontró relación entre el tiempo de deslizamiento y el tiempo de palada, lo que indica que los participantes con mayores tiempos de palada no tuvieron necesariamente tiempos de deslizamiento más largos. Longitud de palada, longitud de impulsión, y longitud de deslizamiento.

La longitud de palada fue desde 2,32 m. para el S4 hasta 2,55 m. para el S3 (cuadro 4).

Cuadro 4.- Resultados medios en los conjuntos de pruebas de cada participante.

Participante		Longitud de palada (m)	Longitud Deslizam. (m)	Longitud impuls. (m)	Alcance hac.adel. (m)	Alcance hac.atrás (m)	Resbala- miento (m)
1	M	2'36	0'70	1'66	0'92	0'75	-0'10
	SD	0'02	0'04	0'04	0'03	0'08	0'05
2	M	2'49	0'88	1'68	0'99	0'75	-0'07
	SD	0'01	0'08	0'01	0'00	0'00	0'00
3	M	2'55	0'74	1'81	1'08	0'88	-0'13
	SD	0'03	0'02	0'01	0'03	0'02	0'01
4	M	2'32	0'71	1'61	1'03	0'78	-0'20
	SD	0'04	0'02	0'02	0'03	0'06	0'05
5	M	2'43	0'67	1'76	1'03	0'93	-0'22
	SD	0'01	0'02	0'02	0'05	0'05	0'01

No se encontró relación significativa entre la longitud de impulsión y la velocidad de kayak. Aunque los participantes con una longitud de impulsión larga tendían a tener una longitud de palada larga, no se encontró relación entre longitud de impulsión y longitud de palada. Si bien es deseable incrementar la longitud de impulsión, aumentándola más allá de cierto óptimo específico para cada individuo, podría ser contraproducente, ya que se correría el riesgo de reducir la frecuencia de palada.

La longitud de deslizamiento va desde 0,67 m. para el S5 hasta 0,88 para el S2 (cuadro 4). No hubo relación entre longitud de deslizamiento y velocidad de kayak.

**Alcance hacia adelante y alcance hacia atrás**

El alcance hacia adelante varía entre 0,92 m. para el S1 y 1,08 m. para el S3 (cuadro 4). No se encontró relación entre el alcance hacia adelante y la velocidad de kayak. No se obtuvo ningún beneficio intentando aumentar el alcance hacia adelante, ya que esto podría disminuir la frecuencia de palada. Los participantes deberían limitar el alcance hacia adelante, sólo donde ellos pudieran aplicar grandes fuerzas propulsivas inmediatamente después de la entrada de la hoja.

El alcance hacia atrás varía entre 0,75 m. para los S1 y S2 y 0,93 m. para el S5 (cuadro 4). No se encontró relación entre el alcance hacia atrás y la velocidad de kayak. Puesto que la velocidad de kayak fue disminuyendo durante la parte final de la fase de impulsión en la que la hoja estaba detrás del centro de kayak, un alcance hacia atrás más largo no dió como resultado una mayor velocidad de kayak, pero contribuyó a un tiempo de impulsión más largo.

Los participantes con el tiempo de impulsión más largo como un porcentaje del tiempo de palada, tuvieron también el alcance hacia atrás más largo (por ejemplo, el S5).

Los participantes con un alcance hacia atrás corto tuvieron una técnica de palada más efectiva, ya que disminuyeron el tiempo de palada al reducir el tiempo gastado en una parte ineficaz de la fase de impulsión.

**Resbalamiento**

El resbalamiento varía desde -0,07 m. para el S2 hasta -0,22 m. para el S5 (cuadro 4). Aunque no se ha encontrado una relación significativa entre el resbalamiento y la velocidad de kayak, aquellos participantes con velocidad de kayak más alta tuvieron también el resbalamiento más pequeño (S1 y S2). Es probable que los kayakistas con mayor éxito obtuvieran un empuje ascensional del movimiento lateral de su hoja, disminuyendo la necesidad de movimiento hacia atrás. Puede esperarse que disminuyendo el resbalamiento podría aumentarse la longitud de impulsión (ya que el kayak se ha

movido más lejos antes de sacar la hoja) sin aumentar el tiempo de impulsión.

Trayectorias del centro de articulación y del extremo de la hoja. Las vistas planas (X, Y) y lateral (X, Z) de las trayectorias del extremo de la hoja y del centro de articulación para una prueba representativa de los S3 y S4 se presentan en las figuras 3 y 4, respectivamente.

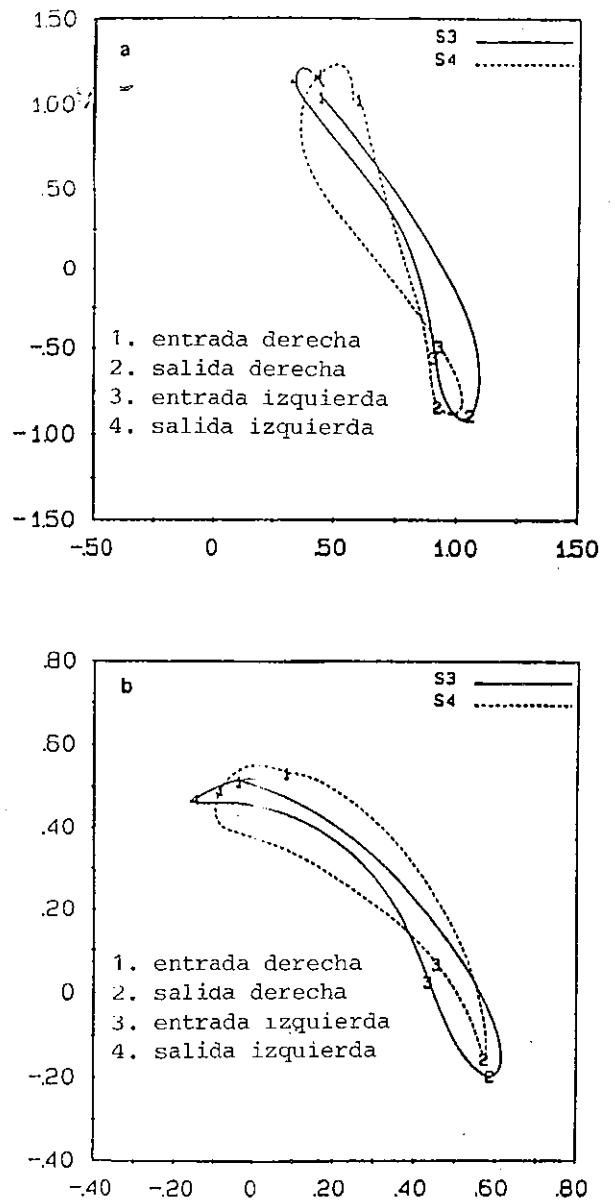


Figura 3.- Vista plana de la trayectoria del extremo de la hoja derecha (a) y del centro de la mano derecha (b) para los participantes 3 (S3) y 4 (S4) para el ciclo de palada del lado derecho (continual). POSICION X (m) - POSICION Y (m).

Aunque S1 tuvo la velocidad media de kayak más alta y también la mayor frecuencia de palada, no se encontró relación entre la frecuencia de palada y la velocidad de kayak. Anderson (1988, pág. 127) establece que "la frecuencia de palada ha disminuído con la pala wing por haberse producido una palada más larga, más lenta y más poderosa". Aunque algunos de los participantes de este estudio tuvieron frecuencias de palada con la pala wing aproximadas a las reseñadas por Plagenhoef (1979) para la pala standard, no está claro hasta que alcance se podría haber mantenido la frecuencia de palada y las velocidades de kayak por los participantes en este estudio en distancias de competición.

#### Tiempo de impulsión y tiempo de deslizamiento

El tiempo de impulsión varía entre 0,30 s. para el S1 y 0,37 para el S5 (cuadro 3). El tiempo de impulsión se expresó como un porcentaje del tiempo de palada, que varió desde un 65% para el S2 hasta un 72% para el S5. Estos valores fueron similares a los recogidos (Mann & Kearney), 1980; Plagenhoef, 1979) para la pala standard. Plagenhoef (1979) sacó la conclusión de que el valor ideal para el tiempo de impulsión con la pala standard era de un 69% del tiempo de palada. Esto se basaba en datos obtenidos de kayakistas de alto nivel que competían en regatas internacionales importantes, incluyendo las Olímpicas de Montreal del año 1976.

Mann y Kearney (1980) estudiaron a kayakistas de aguas tranquilas masculinos y femeninos de estilo olímpico que

usaban palas standard y encontraron que sus tiempos de impulsión estaban entre un 66% y un 80% del tiempo de palada. La media fue de 71,5%. Aunque el S1 tuvo la mayor velocidad media de kayak y también el tiempo de impulsión más corto, no se encontró relación entre el tiempo de impulsión y la velocidad de kayak.

No obstante, se encontró una relación entre el tiempo de impulsión y el tiempo de palada ( $r = 1,07$ ,  $R^2 = 0,94$ ,  $p = 0,018$ ) lo que sugiere que si se reduce el tiempo de impulsión disminuye el tiempo de palada.

El tiempo de deslizamiento varía entre 0,13 s. para el S1 y 0,18 s. para el S2 (cuadro 3). El tiempo de deslizamiento como un porcentaje del tiempo de palada fue de un 28% para los S4 y S5 a un 35% para el S2. No se encontró una relación importante entre el tiempo de deslizamiento y la velocidad de kayak. De modo similar, tampoco se encontró relación entre el tiempo de deslizamiento y el tiempo de palada, lo que indica que los participantes con mayores tiempos de palada no tuvieron necesariamente tiempos de deslizamiento más largos. Longitud de palada, longitud de impulsión, y longitud de deslizamiento.

La longitud de palada fue desde 2,32 m. para el S4 hasta 2,55 m. para el S3 (cuadro 4).

Cuadro 4.- Resultados medios en los conjuntos de pruebas de cada participante.

Participante		Longitud de palada (m)	Longitud Deslizam. (m)	Longitud impuls. (m)	Alcance hac.adel. (m)	Alcance hac.atrás (m)	Resbala- miento (m)
1	M	2'36	0'70	1'66	0'92	0'75	-0'10
	SD	0'02	0'04	0'04	0'03	0'08	0'05
2	M	2'49	0'88	1'68	0'99	0'75	-0'07
	SD	0'01	0'08	0'01	0'00	0'00	0'00
3	M	2'55	0'74	1'81	1'08	0'88	-0'13
	SD	0'03	0'02	0'01	0'03	0'02	0'01
4	M	2'32	0'71	1'61	1'03	0'78	-0'20
	SD	0'04	0'02	0'02	0'03	0'06	0'05
5	M	2'43	0'67	1'76	1'03	0'93	-0'22
	SD	0'01	0'02	0'02	0'05	0'05	0'01



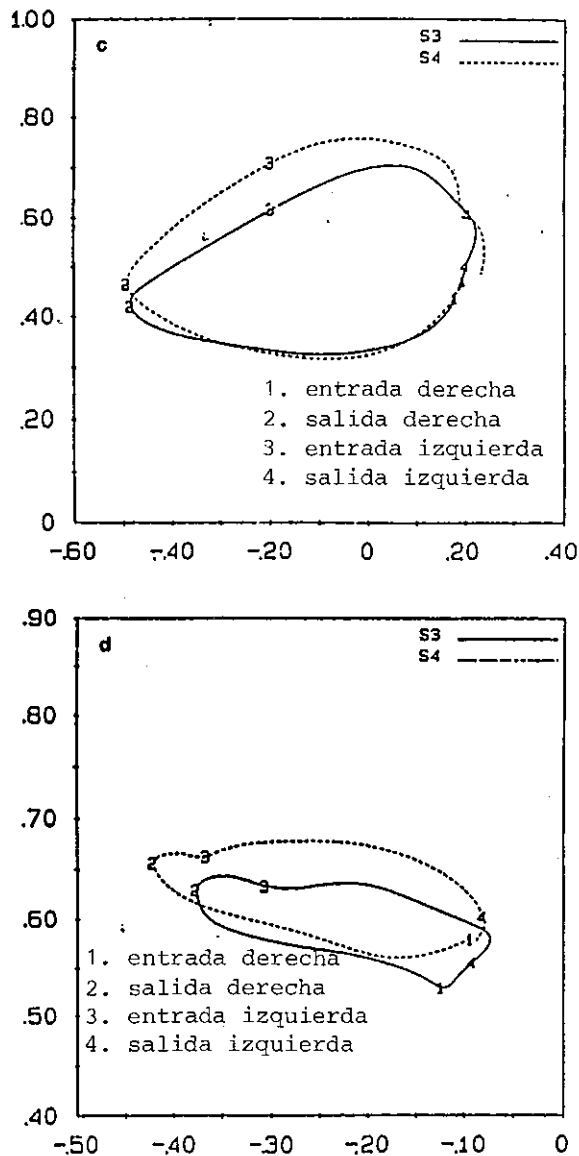


Figura 4 (continuación).- Vista lateral de la trayectoria del codo derecho (c) y del hombro derecho (d), de los participantes 3 (S3) y 4 (S4) durante el ciclo de palada del lado derecho.

Estos participantes fueron seleccionados con fines ilustrativos, ya que ellos destacan las diferencias entre el kayakista con mayor éxito (S3) y el de menos logros (S4), basado en actuaciones competitivas previas. Se muestra la trayectoria del extremo de la hoja derecha y la de los centros de articulación con respecto al sistema de referencia interna. Debería notarse que algo de la discrepancia en el instante de entrada de una palada a la siguiente puede ser debido a un error de perspectiva. Esto ocurre porque se supone que todas las partes del kayakista y del kayak están a la misma distancia del plano de la película de la cámara lateral. Sin embargo, como la cámara estaba, aproximadamente, 20 metros alejada del plano de movimiento, este error de perspectiva fue pequeño (<3%). Aunque es importante reconocer la existencia de este pequeño error de perspectiva, éste no altera excesivamente la capacidad de comparar entre las pruebas y entre los participantes.

Trayectoria de la hoja

La posición de la hoja durante la fase de impulsión con respecto al sistema de referencia externo se da en el cuadro 5 para todos los participantes. En la vista X, Y (plana) que se muestra en la figura 3ª, era evidente que los participantes introducían su hoja muy hacia adelante y cerca del eje longitudinal del kayak. La posición de la hoja entrando en la dirección X, se sitúa entre 0,92 m. para el S1 y 1,07 m. para el S3 (cuadro 5). La posición de entrada en la dirección Y va desde 0,44 m. (S1) a 0,63 m. (S4). Después de la entrada de la hoja del lado derecho, la hoja se movió en una dirección lateral (dirección Y positiva) y hacia atrás (dirección X negativa) con relación al sistema de referencia interno hasta el instante de salida de la hoja (ver figura 3ª). El desplazamiento de la hoja en la dirección X fue desde -0,07 para el S2 hasta -0,22 para el S5.

Según Anderson (1988), la componente lateral del movimiento de la hoja wing desarrolla un empuje ascensional en la dirección hacia adelante. El desplazamiento de la hoja en la dirección Y fue desde 0,37 m. (S4) hasta 0,70 m. (S2) (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Posición de la hoja con respecto a los ejes X e Y, durante la fase de impulsión del ciclo de palada del lado derecho.

Participante		Entrada		Salida		Desplazamiento	
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	M	0'92	0'51	0'82	1'07	-0'10	0'56
	SD	0'01	0'02	0'03	0'01	0'03	0'03
2	M	1'00	0'54	0'93	1'24	-0'07	0'70
3	M	1'07	0'44	0'94	1'01	-0'13	0'57
	SD	0'01	0'01	0'02	0'02	0'01	0'02
4	M	1'03	0'63	0'83	0'99	-0'20	0'37
	SD	0'01	0'02	0'01	0'03	0'02	0'03
5	M	1'03	0'48	0'81	0'97	-0'22	0'48
	SD	0'02	0'02	0'02	0'01	0'01	0'01

La posición de la hoja en la dirección X a la salida con relación al sistema de referencia externo estuvo entre 0,81 m. para el S5 y 0,94 m. para el S3. La posición de salida en la dirección Y con relación al sistema de referencia externo fue desde 0,97 m. (S5) hasta 1,24 m. (S2).

Los participantes con mayor éxito (S3 y S5) fueron muy constantes en la trayectoria de su hoja en las direcciones X, Y y Z, mientras que la de la hoja de los de menor éxito (por ejemplo el S4) varió entre las pruebas, particularmente en la fase de rectificación.

Hubo diferencias entre los participantes en la distancia en que la hoja se movía con respecto al centro del kayak en las direcciones X e Y. Los kayakistas con éxito (por ejemplo el S3) introdujeron su hoja más hacia adelante y más próxima al eje longitudinal del kayak que aquellos que contaban con menos logros (por ejemplo el S4), y la movieron más lejos del kayak en la dirección lateral (dirección Y positiva) durante la fase de impulsión.

Durante la fase de impulsión, el S3 movió su hoja a una distancia mayor lateralmente (dirección Y positiva) lejos del kayak en comparación con el S4 (ver figura 3ª). La vista X, Z (lateral), mostrada en la figura 4ª, indica que durante la fase de rectificación, la hoja fue llevada hacia adelante hasta una posición frente al punto de entrada y después detrás del punto de entrada. En la figura 4ª fue evidente que el S3 no impulsó su hoja a una profundidad tan grande (dirección Z negativa) o rectificó su hoja tan alto (dirección Z positiva), como lo hizo el S4 durante la fase de rectificación. En el tiempo de la salida de la hoja del lado izquierdo, la hoja del S3 estuvo más baja que la del S4, más próxima al punto de entrada.

En la figura 5 se muestra una vista X, Y (plana) de la trayectoria del extremo de la hoja con respecto al sistema de referencia externo para una prueba representativa del S3 y del S4. Durante la fase de impulsión, la hoja del S3 marchó más lejos en la dirección Y positiva desde el eje longitudinal del kayak de lo que lo hizo la del S4 (figura 5).

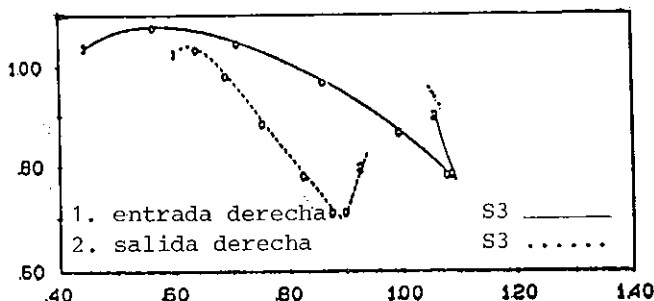


Figura 5.- Vista plana de la trayectoria del extremo de la hoja derecha con respecto al sistema de referencia externo para el participante 3 (S3) y el participante 4 (S4), durante la fase de impulsión del lado derecho. Los círculos indican los porcentajes quintos del ciclo de palada.

Es probable que el mayor movimiento lateral de la hoja del S3 generara más empuje ascensional en dirección hacia adelante (dirección X positiva), produciendo una velocidad de kayak más alta que la del S4. Los kayakistas de menor éxito (por ejemplo el S4) movieron la hoja más lejos hacia atrás (dirección X negativa) dentro del agua durante la fase de impulsión. Los resultados que se muestran en los cuadros 4 y 5, indicaron que las diferencias en la cantidad de resbalamiento estuvieron relacionados con las diferencias de la trayectoria del extremo de la hoja durante la fase de impulsión.

Los participantes con un resbalamiento pequeño (por ejemplo, S1 y S2) movieron su hoja a una distancia larga en la dirección Y positiva desde el eje longitudinal del kayak durante la fase de impulsión. Los participantes con un resbalamiento grande (por ejemplo, S4 y S5), no movieron sus hojas tan lejos del eje longitudinal del kayak como los otros participantes. Esto parece deberse a que si el participante no ha continuado el movimiento lateral (dirección Y positiva) de su hoja, ésta se mueve hacia atrás (dirección X negativa) dentro del agua, produciendo una gran cantidad de resbalamiento. Esto puede ocurrir por no encontrar la hoja agua "tranquila" durante la fase de impulsión. Es probable que durante esta parte de la palada, estos participantes confiarían en una mayor proporción de resistencia al avance que en la propulsión hacia adelante por el impulso ascensional.

La trayectoria de la hoja con respecto al sistema de referencia externo (figura 5), indica que todos los participantes al principio movieron la hoja ligeramente hacia adelante (dirección X positiva) después de la entrada, antes de moverla hacia atrás (dirección X negativa). Dependiendo de la fuerza de impulsión ascensional obtenida por el movimiento lateral (dirección Y positiva) de la hoja de la pala, el movimiento hacia adelante de la pala (dirección X positiva), según está siendo sumergida, puede indicar que la pala iba produciendo una fuerza adicional de resistencia al avance en lugar de una fuerza propulsiva en este tiempo. Parece ser que esta parte de la palada fue ineficaz. La demora en aumentar la velocidad durante este periodo refuerza esta posibilidad. En la figura 5 es evidente que la hoja se mueve también hacia adelante (dirección X positiva) inmediatamente antes de la salida de la hoja. Una fuerza adicional de resistencia al avance se puede haber producido previamente a la salida de la hoja. La disminución en velocidad previa a la salida de la hoja sugiere que ésta es también una parte ineficaz de la palada.

#### Trayectoria del centro de la mano

La vista X, Y (plana), que se muestra en la figura 3b, indica que la mano a la entrada de la hoja estaba aproximadamente en línea con el eje longitudinal del kayak. Después de la entrada de la hoja, la mano se mueve hacia atrás (dirección X negativa) y lateralmente (dirección Y positiva) lejos del kayak. La posición de la mano al final de la fase de impulsión estaba detrás del centro del kayak. Luego la mano se

rectificó hacia adelante (dirección X positiva), cruzó el eje longitudinal del kayak y retornó a la posición de entrada de la hoja. La vista X, Z (lateral), que se muestra en la figura 4b, indica que la mano descendió (dirección Z negativa) cuando se sumergió la hoja, tiró hacia atrás (dirección X negativa) durante la fase de impulsión y se alzó (dirección Z positiva) cuando salió la hoja del agua. Durante la rectificación, la mano se alzó sobre el hombro y empujó hacia adelante.

Esta pauta general fue común para todos los participantes. Con excepción del S1 y del S4, los demás fueron constantes a lo largo de las pruebas con respecto a la trayectoria de sus manos. Aunque la pauta fundamental fue semejante, hubo alguna variación en la trayectoria del centro de la mano entre los participantes. La vista X, Y (plana) de la trayectoria del centro de la mano, que se muestra en la figura 3b, señaló que el kayakista con éxito (S3) solocó su mano más cerca del eje longitudinal del kayak a la entrada de la hoja que el kayakista con menos éxito (S4) y que movió su mano una mayor distancia lateral lejos del kayak (dirección Y positiva). La figura 3b muestra que durante la rectificación el kayakista mejor (S3) movió su mano inicialmente más lejos hacia adelante en la dirección X positiva que el participante S4, después la movió en dirección Y negativa a través del eje longitudinal del kayak. El S3 rectificó su mano en la dirección Y negativa hasta una posición más alejada a través del eje longitudinal del kayak que el S4. La vista X, Z (lateral), que se muestra en la figura 4b, indica que el kayakista con éxito S3, no rectificó su mano tan alto como el kayakista con menos éxito, S4. Al tiempo de salida de la hoja del lado izquierdo, la mano del S3 estaba más baja que la del S4, más próxima a la posición de entrada de su hoja.

#### Trayectoria del codo

La vista X, Y (plana) (figura 3c), indica que a la entrada de la hoja, el codo estaba colocado delante del centro del kayak. Se movió inicialmente en dirección Y positiva alejada del eje longitudinal del kayak y después en dirección X negativa hacia la parte trasera del kayak. Durante la rectificación se movió inicialmente en dirección Y positiva, lejos del kayak y en la dirección X positiva, y después en la dirección Y negativa a través del centro del kayak antes de retornar en la dirección Y positiva a su posición de la entrada de la hoja. Las dos vistas X, Y (plana), que se muestran en la Figura 3c y la X, Z (lateral), muestran en la Figura 4c diferencias claras entre las trayectorias del codo del S3 y del S4. El codo del kayakista con éxito (S3) estuvo colocado más cerca del eje longitudinal del kayak a la entrada de la hoja, en comparación con el kayakista de menos éxito (S4). A la salida de la hoja, el codo del kayakista con mayor éxito estaba colocado más lejos en la dirección Y positiva del eje longitudinal del kayak de lo que estaba el del kayakista con menos éxito. El S3 rectificó su codo más lejos en la dirección X positiva que el S4, antes de que volvieran de nuevo hacia el eje longitudinal del kayak. La Figura 4c indica que el S3 no rectificó su codo a tanta altura como el S4. Al tiempo de salida de la hoja

por el lado izquierdo, el codo del S3 estaba más bajo que el del S4, justamente encima de su posición a la entrada de la hoja.

#### Trayectoria del hombro

En general, la vista X, Y (plana), mostrada en la Figura 3d, indica que el hombro se movió hacia atrás (dirección X negativa) inicialmente durante la fase de impulsión, y luego en la dirección Y negativa hacia el eje longitudinal del kayak a medida que el tronco rotaba previamente a la salida de la hoja. Después el hombro se movió en dirección Y positiva lejos del eje longitudinal del kayak y hacia adelante (dirección X positiva) en toda la rectificación. En la vista X, Z (lateral) (Figura 4d) fue evidente que el hombro se movió hacia atrás (dirección X negativa) y hacia arriba (dirección Z positiva) durante la fase de impulsión y hacia adelante (dirección X positiva) y hacia abajo (dirección Z negativa) durante la rectificación. Una trayectoria de hombro similar fue realizada por todos los participantes. El kayakista con más éxito (S3) no movió su hombro tan lejos hacia atrás (dirección X negativa) como el de menos éxito (S4) durante la fase de rectificación, ni levantó tan alto su hombro.

#### SUMARIO

El nivel medio de velocidad de los kayakistas que usan la pala wing va desde 4,68 (S5) hasta 5,33 (S1). Los kayakistas con mayor éxito (en actuaciones previas) consiguieron una media de velocidad de kayak más alta que los kayakistas con menos éxito. Las pautas de velocidad fueron asimétricas a lo largo de los ciclos de palada derecha e izquierda. La frecuencia de palada osció desde 1,93 hasta 2,26 ciclos/s. Hubo un período que precedía a la salida de la hoja en el que la pala no produjo bastante fuerza como para mantener o incrementar la velocidad de kayak, por ello el kayak sufrió una deceleración. La longitud de palada iba desde 2,32 hasta 2,55 m.

Los kayakistas con éxito tuvieron trayectorias constantes de extremo de la hoja y centro de articulaciones a lo largo de pruebas que fueron similares unas con otras pero difirieron de los de menos éxito en varias direcciones. Primero, los atletas con más éxito introdujeron bien su hoja hacia adelante y más cerca del eje longitudinal del kayak que los kayakistas con menos éxito. Segundo, movieron su hoja a una gran distancia lateralmente del kayak y tuvieron menos movimiento hacia atrás de la hoja, con respecto al sistema de referencia externo (resbalamiento). Puesto que los mejores kayakistas disminuyeron el resbalamiento y aumentaron el desplazamiento lateral de la hoja, se pensó que los mejores kayakistas obtuvieron propulsión hacia adelante utilizando las fuerzas de empuje ascensional generadas por el movimiento lateral antes que las fuerzas de resistencia al avance generadas por el movimiento hacia atrás. Tercero, durante la fase de rectificación, los kayakistas con más éxito movieron sus hojas inicialmente a una distancia mayor en dirección hacia adelante antes de moverlas hacia el eje longitudinal del kayak en la posición de entrada de la hoja.