

# RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE LA PELOTA Y LA PRECISIÓN EN EL SERVICIO PLANO EN TENIS EN JUGADORES DE PERFECCIONAMIENTO

Menayo, R.<sup>1</sup>; Fuentes, J. P.<sup>1</sup>; Moreno, F. J.<sup>2</sup>; Clemente, R.<sup>1</sup>; García Calvo, T.<sup>1</sup>

1. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura
  2. Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas. Universidad Miguel Hernández de Elche
- 

## RESUMEN

La relación entre velocidad y precisión ha sido investigada en la ejecución de diferentes habilidades motrices. Estas variables parecen ser muy relevantes para el rendimiento en el servicio en tenis. En este estudio se ha investigado acerca de cómo afecta la modificación de la velocidad de la pelota sobre la precisión alcanzada en el servicio plano. 21 tenistas pasaron por dos condiciones de ejecución. Cada jugador realizó 80 golpes, 40 a máxima potencia y 40 a mínima potencia. La precisión se registró en función de la zona de envío, reduciéndose a medida que los ensayos se alejaban de las 4 zonas delimitadas en los cuadros de servicio correspondientes. Los resultados muestran diferencias significativas entre los golpes realizados a mínima y máxima potencia, así como una correlación negativa y significativa entre los servicios realizados a mínima potencia y la puntuación obtenida en ellos.

**Palabras clave:** tenis, servicio, velocidad, precisión

## ABSTRACT

Speed-accuracy tradeoff has been investigated in the execution of different motor skills. These variables seem to be very relevant to the performance of tennis service. In this study the effects of ball speed modification regarding the accuracy of the flat service have been investigated. 21 players got two conditions for implementation. Each one made 80 hits, 40 at maximum power and 40 to minimum power. The accuracy was recorded depending on the shot area and was lower as the trials were farthest from the 4 confined areas in the service box. The results show significant differences between the hits made to minimum and maximum power, as well as a significant and negative correlation among services at minimum power and the score of them.

**Key words:** tennis, service, speed, accuracy

---

### *Correspondencia:*

Ruperto Menayo Antúnez  
Facultad de Ciencias del Deporte  
Avenida de la Universidad s/n 10071 Cáceres  
rupe@unex.es

*Fecha de recepción:* 14/07/2008

*Fecha de aceptación:* 26/11/2008

## INTRODUCCIÓN

Una de las características del tenis actual es la potencia y la precisión que los tenistas imprimen a sus acciones. En este sentido, entre los aspectos más relevantes destacan la precisión con la cual ejecutan los golpes, así como la potencia que imprimen a la bola en el contacto con la raqueta. Con respecto a estos golpes, el servicio es, sin lugar a dudas, el más importante. El resultado de un encuentro depende en gran medida del rendimiento de los tenistas en su ejecución (Bahamonde, 2000). Todo el juego se desarrolla en función de los "breaks" o servicios rotos, en torno a los porcentajes de aciertos y de errores, de las dobles faltas, o de los errores en los restos derivados de una buena precisión del jugador al servicio.

Asociado al rendimiento en competición en este golpe, se desarrolla todo un proceso de aprendizaje en etapas iniciales y de entrenamiento en fases más avanzadas, donde el servicio se convierte en la habilidad más importante a desarrollar durante la formación del tenista. Sobre esta habilidad se asentará todo su juego y de su rendimiento y progresión dependerán los éxitos en este deporte.

Debido a su relevancia, son numerosos los estudios de carácter biomecánico, que han tratado de determinar las variables de rendimiento que lo caracterizan. El análisis de las cadenas cinéticas y de diferentes variables cinemáticas ha aportado información muy importante para optimizar la ejecución del golpe (Elliot, Fleisgh, Nicholls y Escamilla, 2003; Fleisig, Nicholls, Escamilla y Elliot, 2002; Ito, Tanabe y Fuchimoto, 1995; Lo, Wang, Lin y Su, 2003; Subijana y Navarro, 2003). Sin embargo, en este estudio abordamos la optimización del servicio desde el área del Control Motor, que en la actualidad, propone diferentes e interesantes perspectivas de análisis (Menayo, Moreno, Furlaneto, Müller y Fuentes, 2007). Entre ellas, la relación entre la velocidad del movimiento y la precisión en el mismo suponen una línea de investigación que se ha desarrollado al amparo de esta área. Y es en este tópico donde se ubica el trabajo que presentamos.

Existen diversas investigaciones desarrolladas acerca de la relación entre estas dos variables, que se apoyan en los trabajos pioneros de Woodworth (1899) y de Fitts (1954). Ambos demostraron la relación logarítmica inversa entre la velocidad y la precisión en los movimientos. En la misma línea, las investigaciones de Keele (1968) -aunque cuestionadas- basadas en los estudios de Crossman y Goodeve (1963), sobre su teoría del control intermitente, postulaban sobre un control por bucle abierto y cerrado que se daría de manera cíclica, alternándose ambos procesos continuamente. Del mismo modo, las extensiones a la ley de Fitts realizadas por Fitts y Peterson (1964) sobre tareas

continuas y acíclicas, confirmaron los resultados iniciales, así como las investigaciones de Schmidt, Zelaznick y Frank (1978), que extendieron el trabajo de Fitts a los movimientos breves y rápidos. En este último caso, se demostró la existencia de una relación inversa, no logarítmica sino lineal, entre la velocidad y la precisión alcanzada. Así, se confirmaría que las imprecisiones derivadas del aumento de la velocidad del movimiento serían causadas por los errores del sistema neuromuscular al ejecutar el programa motor.

Teniendo en cuenta la consistencia temporal, como otra medida de precisión, Newell, Hoshizaki, Carlton, y Halbert (1979) estudiaron la precisión en el ajuste de un movimiento a un tiempo dado. Se observó que conforme se incrementaba el tiempo la dispersión aumentaba, obteniéndose mayores niveles de error temporal. Esto indica que una menor velocidad perjudicaría la precisión temporal. Estos datos parecen contradecir la relación inversa entre la velocidad y la precisión ya que los gestos con menores tiempos de movimiento (más veloces) tenían mejores valores de precisión, pero esto sería así sólo en el caso de la precisión temporal. Así, en una habilidad como el servicio en tenis, el jugador debería cubrir la distancia existente entre el cordaje de la raqueta y la pelota a la mayor velocidad de desplazamiento del brazo, de forma que obtenga más precisión temporal, entendida ésta como el momento óptimo para el golpeo (máxima altura). La cuestión clave estaría en lograr un aumento de la velocidad de traslación del brazo-raqueta (es decir, reducir el tiempo de movimiento) para realizar el impacto en ese momento temporal óptimo, sin que esa variable perjudique la precisión espacial (o zona óptima de golpeo) al aumentar la inconsistencia cinemática en la ejecución, y por tanto, afectando a la precisión del servicio.

Por tanto, se aprecia que este golpe sería una habilidad con compromisos de precisión espacial y temporal, con una relevancia determinante de la consistencia temporal (cinemática), afectando de forma diferente a la precisión en función de la predominancia de una u otra variable.

Con respecto a las investigaciones acerca de la relación entre velocidad y precisión espacial y temporal en el movimiento humano y otras variables asociadas como los aspectos cognitivos relacionados con la tarea o la fatiga, han sido desarrollados en su mayoría trabajos de laboratorio y en situaciones muy controladas, y siempre partiendo de las bases teóricas propuestas por Fitts (1954). Por ejemplo, Plamondon y Alimi, (1997) estudiaron la relación entre estas variables en movimientos rápidos; Tresilian, Plooy y Carroll, (2004) en habilidades de interceptación; Edwards, Waterhouse, Atkinson y Reilly, (2007) en el lanzamiento de dardos en condiciones de fatiga; Zhai, Kong y Ren, (2004),

en habilidades de interacción entre el ser humano y un computador a través de periféricos y Al-Iman y Lank, (2006), con la influencia de incentivos por precisión. Incluso, en algún caso, como en el trabajo de Danion, Duarte y Grosjean (1999), las conclusiones de Fitts fueron cuestionadas, indicando que algunas variables cinemáticas implicadas en el mantenimiento de una postura corporal concreta podrían no seguir esa relación lineal entre el índice de dificultad de la tarea y el objetivo del movimiento.

En estudios más recientes sobre el tópico, desarrollados en situaciones de campo, también se ha tratado de determinar cómo influye la intención de precisión en la velocidad del movimiento, y a su vez, sobre el rendimiento en diferentes habilidades de lanzamiento o de golpeo con un implemento, en un intento por aportar validez externa a las conclusiones establecidas en experimentos de laboratorio. Por ejemplo, Texeira (1999), investigó acerca de los efectos de la velocidad sobre la precisión en el golpeo en fútbol, concluyendo que la intención de precisión producía descensos en la velocidad del movimiento. Sin embargo, Hernando (2004), determinó la escasa relación entre la velocidad del balón y la eficacia en el resultado en el lanzamiento del doble penalti en fútbol sala. Por su parte, Juárez y Navarro (2006), identificaron los efectos que la intención de precisión producía en el golpeo de un balón hacia portería, haciendo descender de manera significativa la potencia impresa al golpeo (y por tanto la velocidad del gesto). Sin embargo, también hallaron correlaciones que indicaban que esta variable siempre era considerada por los futbolistas, independientemente de la potencia de golpeo. En otros deportes como el balonmano, también existen estudios sobre el tópico. En concreto, investigadores como Van den Tillaar y Ettema (2006), Bayios, Anastasopoulou, Sioudris y Boudolos (2001) o Gorostiaga, Granados, Ibáñez e Izquierdo (2005), no encontraron relación entre el aumento de la velocidad y las pérdidas de precisión en tareas de lanzamiento con jugadores expertos, concluyendo que esta variable no producía descensos del rendimiento en términos de precisión. En habilidades de golpeo con implemento, Schmidt y Lee (2005), concluyeron tras el análisis de una tarea de bateo en béisbol, que una mayor velocidad de ejecución beneficiaba al golpeo de la bola, en cuanto a que optimizaba los parámetros cinemáticos del impacto.

En tenis, son importantes las investigaciones que aportan conclusiones generalizables sobre la relación entre velocidad de la pelota y precisión en el golpeo, independientes del tipo de raqueta y de sus características. En esta línea, Knudson, Noffal, Bahamonde, Bauer y Blackwell (2004) concluyeron sobre una muestra de 83 jugadores de nivel inicial a avanzado, que el entrenamiento de fuerza no afecta a la velocidad de la pelota ni a la precisión en

el servicio. Sin embargo, este estudio se aleja de las conclusiones extraídas por Cauraugh, Gubert y White (1990), que sí encontraron mejoras del rendimiento en términos proporcionales entre variabilidad del error y velocidad de la bola en el impacto cuando se incrementaba ésta entre un 70 y un 90 %. En la misma línea, Reynolds (2005), comprobó los efectos del entrenamiento de fuerza en el mismo día sobre la velocidad y la precisión en el servicio en 20 chicas, comparado con los resultados de un pre-test desarrollado 4 días antes. Entre los resultados, destaca la ausencia de diferencias significativas entre ambas medidas, lo que indica que el tipo de entrenamiento de fuerza aplicado (entre el 60 y el 90 % de 1RM) no afecta a ambas variables.

Así, considerando las bases teóricas expuestas y los estudios preliminares comentados, en este trabajo planteamos el análisis de la relación entre la potencia de golpeo de la pelota en el servicio plano en tenis y el rendimiento alcanzado, tratando de aportar información acerca de cómo afecta la velocidad de salida de la pelota sobre la precisión en el resultado. A partir de esta medida, los objetivos concretos de este estudio han sido i) determinar si la variación de la potencia de golpeo afecta el rendimiento en el servicio disminuyendo su precisión, ii) comprobar si la zona de envío del servicio influye sobre la velocidad y sobre la precisión en el mismo y iii) especificar cómo el aprendizaje y el entrenamiento del servicio bajo diferentes requerimientos de velocidad y de precisión puede ser relevante para el diseño de tareas de aprendizaje y de entrenamiento de esta habilidad.

## MÉTODO

### *Participantes*

La muestra de estudio estuvo compuesta por 21 tenistas amateur ( $n = 21$ ) de nivel de perfeccionamiento, con una edad media de 22.52 años ( $DT = 2.91$ ) y con una experiencia media en la práctica del tenis de 5.50 años ( $DT = 6.19$ ). Los jugadores, todos diestros, participaron voluntariamente en el estudio, firmando al inicio del mismo un formulario de consentimiento informado.

### *Tareas y Material*

En la situación experimental diseñada para la toma de datos, se pidió a los tenistas la ejecución de cuatro series de 10 servicios planos cada una a la máxima potencia posible de golpeo, tratando de enviar las bolas hacia las zonas de máxima puntuación (9 puntos) delimitadas previamente en la pista (figura 1). Finalizadas estas series, el jugador descansaba durante 10 minutos y posteriormente, realizaba otras cuatro series ejecutadas a la mínima potencia de golpeo y buscando de nuevo la máxima precisión posible.

Para la distribución de las zonas de la pista y la determinación de sus dimensiones, se siguió el criterio establecido por la RFET (2007) para la evaluación de la precisión en los golpes mediante prueba de juego en la obtención del título de Nivel II (Entrenador Nacional), modificando el sistema de puntuación.

Para la medida de la velocidad de salida de la pelota en los golpes se utilizó un radar (Marca Sports Radar SR3600), que registra la velocidad de móviles con una precisión de +/- 1 km/h, situado en un trípode, alineado con el jugador y a la altura del impacto. Con el fin de evitar errores en la medición derivados ángulo formado entre el radar y la trayectoria de la pelota, éste se orientó hacia la diana en cada serie de servicios.

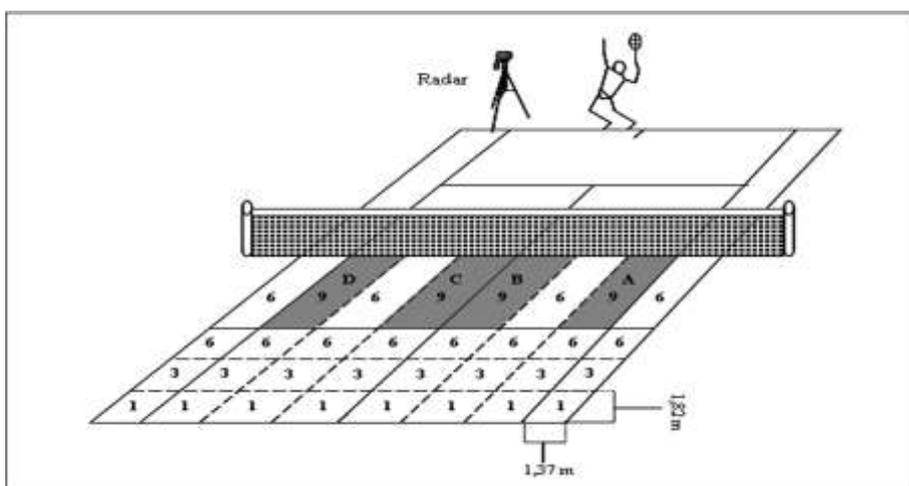


FIGURA 1. Situación experimental. Jugador al servicio, radar y distribución zonal de la pista con su puntuación correspondiente

### *Procedimiento*

El proceso de medida se desarrolló en una pista de tenis con medidas reglamentarias. Se citó a los jugadores en intervalos de 20 minutos, de manera que no estuvieran presentes durante el desarrollo de las medidas con el resto de tenistas. De este modo, se evitó que pudieran disponer de información previa referente a la toma de datos.

Se les informó acerca de la distribución zonal de la pista, de la puntuación asignada a cada una de ellas, de su colocación en la zona de saque y de las series de servicios a ejecutar.

Cada jugador, realizó un calentamiento individualizado y específico para el servicio, de una duración máxima de 5 minutos.

Una vez que el jugador se encontraba dispuesto, comenzaban las series de servicios. Un investigador colaborador le aportaba las bolas con el fin de que el sacador no se moviera de la posición inicial requerida para todos los servicios en cada una de las cuatro zonas saque (figura 1). Un segundo investigador, anotaba las velocidades registradas por el radar. Y un tercer colaborador, registraba la puntuación obtenida en cada servicio en función de la zona de la pista en la cual caía la bola.

### *Variables*

Se consideraron como variables independientes la velocidad de salida de la pelota (potencia de golpeo), definida en dos niveles: golpes a máxima velocidad y golpes a mínima velocidad; y la zona de envío, estructurada en 4 niveles: zonas A, B, C, y D (figura 1). Como variable dependiente, se utilizó la medida de la precisión en los envíos, empleándose valores de 0 a 9 puntos en función de la proximidad o lejanía del bote de la pelota a las zonas de referencia delimitadas para cada serie de servicios (figura 1).

## RESULTADOS

Previamente al análisis estadístico, se llevó a cabo la prueba K-S de normalidad, que mostró una distribución anormal de los datos obtenidos en todas las variables, aspecto que determinó la aplicación de estadística no paramétrica. A continuación se obtuvieron los descriptivos de las variables analizadas (tabla 1). Los datos reflejan una mayor puntuación en los servicios realizados a mínima velocidad, en comparación con los ejecutados a máxima potencia de golpeo.

TABLA 1  
Resultados obtenidos por los tenistas (velocidades medias de salida de la pelota expresadas en Km/h y precisión media o puntuación según los criterios expuestos anteriormente)

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Velocidad en los servicios a máxima potencia (vmax)	840	107.50	18.50
Puntuación obtenida a máxima potencia (pt_vmax)	840	4.33	3.76
Velocidad en los servicios a mínima potencia (vmin)	840	64.67	12.50
Puntuación obtenida a mínima potencia (pt_vmin)	840	6.86	2.87

Los resultados de la tabla 1 se complementan con las figuras 2 y 3. En la figura 2 aparecen los valores registrados en los servicios a máxima potencia de golpeo. Como se aprecia, la mayoría de ellos puntúan con cero puntos, seguidos

de seis y de nueve. Esto evidencia la pérdida de precisión cuando se pide a los jugadores la ejecución a máxima potencia. Sin embargo, en la figura 3 se observa que la mayoría de los saques puntúan con seis y nueve puntos, aspecto que determina la mayor precisión alcanzada bajo esta condición.

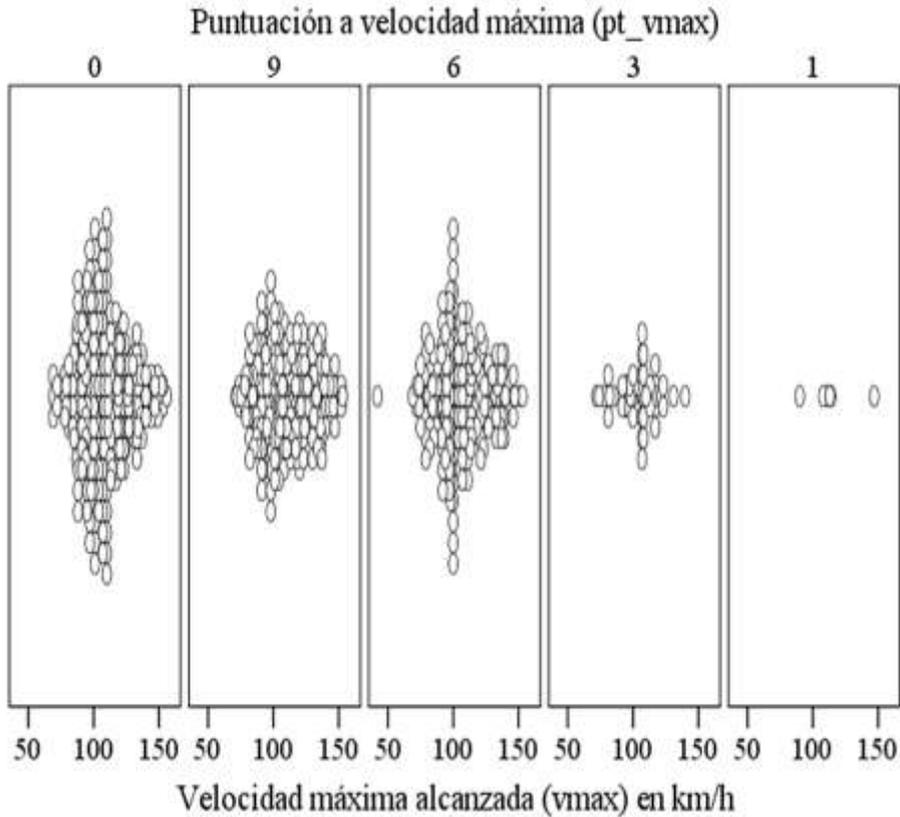


FIGURA 2. Dispersión de la puntuación alcanzada en función de la velocidad máxima registrada en los servicios.

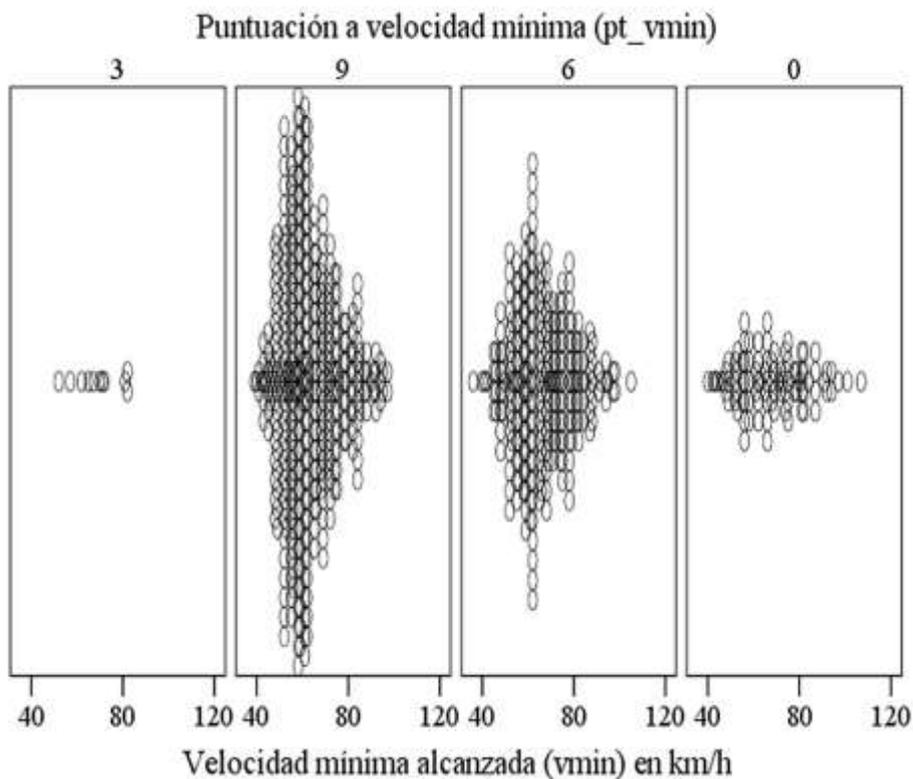


FIGURA 3. Puntuación alcanzada en los servicios realizados a mínima potencia de golpeo

Con la finalidad de confirmar las diferencias observadas en los promedios de las potencias de golpeo, se realizó una prueba t de Wilcoxon entre las variables de velocidad máxima y mínima, análisis que confirmó tales diferencias ( $z = -25.068$ ;  $p < .001$ ).

De igual modo, para confirmar las diferencias en la precisión alcanzada con ambas potencias de golpeo, se realizó la misma prueba entre las variables de puntuación a máxima y a mínima potencia. Este análisis también presentó diferencias significativas ( $z = -13.771$ ;  $p < .001$ ).

Posteriormente se obtuvieron los descriptivos por zonas de envío (de la zona A a la D), para analizar los resultados en función de esta variable (tabla 2).

TABLA 2  
Resultados obtenidos por zonas de envío (velocidades medias de salida de la pelota en Km/h y precisión media o puntuación según los criterios expuestos anteriormente)

Zona	Servicios/Precisión	N	M	SD
A	Velocidad en servicios a máxima potencia	210	111.32	19.67
	Puntuación a máxima potencia	210	4.11	3.81
	Velocidad en servicios a mínima potencia	210	69.10	12.25
	Puntuación a mínima potencia	210	6.17	3.02
B	Velocidad en servicios a máxima potencia	210	111.89	18.51
	Puntuación a máxima potencia	210	4.32	3.96
	Velocidad en servicios a mínima potencia	210	65.50	12.31
	Puntuación a mínima potencia	210	7.10	2.93
C	Velocidad en servicios a máxima potencia	210	104.55	18.07
	Puntuación a máxima potencia	210	4.26	3.74
	Velocidad en servicios a mínima potencia	210	61.83	12.56
	Puntuación a mínima potencia	210	7.21	2.89
D	Velocidad en servicios a máxima potencia	210	102.23	15.74
	Puntuación a máxima potencia	210	4.62	3.52
	Velocidad en servicios a mínima potencia	210	62.23	11.54
	Puntuación a mínima potencia	210	6.97	2.54

En la tabla 2, se aprecia que en las 4 zonas los servicios realizados a máxima potencia de golpeo puntúan por debajo de los ejecutados a mínima potencia. Para comprobar los efectos de la zona sobre la precisión y la potencia, se aplicó el test de Kruskal-Wallis para medidas independientes, que mostró diferencias significativas para todas las variables, excepto la puntuación a máxima velocidad (Tabla 3).

TABLA 3  
Prueba de Kruskal-Wallis para valorar los efectos de la zona de envío sobre la potencia y la precisión de los servicios

	vmax	pt_vmax	vmin	pt_vmin
Chi-Cuadrado	41.52	1.82	46.36	28.70
<i>gl</i>	3	3	3	3
Sig.	.000	.611	.000	.000

Los resultados hallados hasta el momento nos llevaron a realizar un análisis correlacional no paramétrico, empleando el estadístico rho de Spearman entre las diferentes variables, con la pretensión de identificar

relaciones entre la potencia y la precisión en los servicios. En la tabla 4 se muestran los resultados de este análisis.

TABLA 4  
Correlaciones halladas entre diferentes variables

	Puntuación a mínima potencia	<i>rho</i> de Spearman
Servicio a mínima potencia	**	<i>rho</i> = -145; <i>p</i> < .001
	Servicio a máxima potencia	
	**	<i>rho</i> = 137; <i>p</i> < .001

El análisis correlacional muestra una relación negativa entre los servicios realizados a mínima potencia y la puntuación obtenida en ellos, así como una relación positiva entre éstos y los servicios realizados a máxima potencia. Cabe destacar la ausencia de correlaciones entre los servicios a máxima potencia y la puntuación alcanzada en ellos.

#### DISCUSIÓN

Los datos presentados apuntan hacia una relación entre la velocidad del movimiento en el servicio y la precisión alcanzada. Considerando los valores medios, observamos que la puntuación es superior en los golpes a mínima potencia. Al solicitar a los tenistas una mayor potencia de golpeo su precisión disminuye de manera significativa. Este aspecto se observa claramente en la figura 2, donde la mayoría de los valores se agrupan en los cero puntos, seguidos de seis y finalmente de nueve. Sin embargo, cuando la condición de ejecución es el golpeo a mínima potencia, los valores se agrupan en su mayoría en los seis y nueve puntos (figura 3). Estos resultados difieren de los aportados por otras investigaciones que no encontraron pérdidas de precisión con aumentos de la velocidad del movimiento, por ejemplo, en tareas de lanzamiento en balonmano (Bayios, Anastasopoulou, Sioudris y Boudolos, 2001; Gorostiaga, Granados, Ibáñez e Izquierdo, 2005; Van den Tillaar y Ettema, 2006).

Parece lógico pensar que la condición de máxima potencia añadida a la tarea podría provocar descensos de la precisión, derivados de un aumento de la variabilidad en el sistema neuromuscular (Schmidt, et al., 1978) que gobierna la ejecución del servicio, al tratarse de una habilidad de carácter breve y rápida. Al contar con tenistas en nivel de perfeccionamiento, su patrón motor aún no se encuentra estabilizado, con lo que las variaciones introducidas en su desarrollo, como la exigencia de aumentar la potencia de golpeo, pueden provocar

descensos del rendimiento en términos de precisión. Es decir, como apuntábamos con anterioridad, en este caso es posible que la inconsistencia cinemática producida esté por encima de las mejoras que Newell et al., (1979) proponían con respecto a la reducción del tiempo de movimiento (o del aumento de la velocidad de traslación del brazo). De este modo, aunque la precisión temporal se mantuviera, el resultado del servicio es impreciso, alejándose de las zonas óptimas establecidas para el envío de los golpes.

Por otro lado, podríamos establecer que el aumento en la velocidad de ejecución necesario para sacar a máxima potencia influye a través de un proceso de bucle cerrado, en el cual el feedback obtenido por el jugador tras la ejecución de cada ensayo no parece ser suficiente u óptimo para aumentar su rendimiento a pesar de la práctica. Este hecho se observa en los resultados por zonas, ya que la puntuación en los servicios ejecutados a máxima potencia no mejora entre los primeros y los últimos ensayos (zona A a D). O bien, que el impulso inicial es tan elevado que afecta de manera decisiva a la precisión, influyendo por encima del feedback. Sin embargo, la mejora significativa en la puntuación en los servicios realizados a mínima potencia entre las zonas A y D corrobora las conclusiones sobre el control de esta habilidad. En este caso, el menor impulso inicial necesario para el golpeo final proporcionaría al tenista una mayor atención sobre los aspectos relevantes del golpeo, aumentando así la cantidad de feedback percibido entre ensayos, al tiempo que disminuiría la variabilidad producida por el sistema neuromuscular.

Con respecto a las correlaciones encontradas, cabe destacar la ausencia de ellas entre los servicios realizados a máxima potencia y la puntuación alcanzada en ellos. Este resultado indica que la precisión, aunque disminuye bajo esta condición, no estaría relacionada directamente con el aumento de velocidad. En este sentido, quizás sean otras variables de carácter cinemático las que han influido en esa pérdida de rendimiento, tal y como apuntaban Menayo, Moreno, García, Sánchez y Leo (2008). En este trabajo, se incidía sobre la relación entre la velocidad de la mano-raqueta en el golpeo del servicio plano y la velocidad de salida de la pelota con respecto a la precisión alcanzada, concluyendo que algunas variables como el pico de altura en el golpeo, la velocidad lineal de la mano y su posición en el momento del impacto deberían ser variables a tener en cuenta para el análisis de la relación entre velocidad y precisión en el servicio plano.

Sin embargo, existe una relación positiva lógica entre los servicios a máxima y a mínima velocidad, que indica que los jugadores que presentan velocidades más elevadas en los golpes a máxima potencia, también elevan esta velocidad cuando se les pide que golpeen a la mínima potencia. Del mismo

modo, encontramos una correlación negativa entre el golpeo a mínima velocidad y la puntuación obtenida bajo esta condición. Este hecho confirma que el rendimiento en precisión podría relacionarse con la ejecución de los servicios a mínima potencia.

Este resultado se aproxima a las conclusiones aportadas en otros estudios en situaciones de campo, como las mencionadas por Hernando (2004), en su trabajo sobre la precisión el golpeo en fútbol, aunque difieren de los resultados hallados por Schmidt y Lee (2005), al afirmar que una habilidad de bateo en béisbol, el aumento de la velocidad de ejecución favorecía la precisión en el golpeo. Quizás, en el caso del servicio, la precisión temporal no se vea tan afectada como en el bateo, al tratarse de una tarea autorregulada. Por ello, quizás en la investigación de Knudson, et al. (2004) con jugadores de tenis de nivel inicial y avanzado, se determinó que la potencia en el golpeo aumentada tras un programa de entrenamiento de fuerza no producía mejoras en la precisión. Del mismo modo, en el estudio de Reynolds (2005) con tenistas de sexo femenino, se obtuvieron resultados similares tras la aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza. Con lo cual, las correlaciones presentadas respecto a la influencia de la potencia máxima de golpeo sobre el rendimiento se aproximan mucho a los resultados de investigaciones específicas en tenis.

Finalmente, destacamos la importancia de los resultados presentados para el desarrollo de tareas de aprendizaje y de entrenamiento. El hecho de que la pérdida de precisión en los servicios realizados a máxima potencia no tenga relación con ese aumento de la velocidad puede favorecer el trabajo de fuerza con los tenistas, diseñando tareas para mejorar la potencia en el golpeo sin temor a provocar descensos en la precisión. Por otro lado, también sería importante investigar sobre porcentajes de potencia y de precisión, de manera que podamos disponer de información sobre el momento en el que se producen mejoras o pérdidas de rendimiento y entrenar situaciones que optimicen estos parámetros. En la misma línea, sería interesante apoyar los resultados con investigaciones que pudieran aportar más información acerca de la relación entre la consistencia cinemática del movimiento y la precisión espacio-temporal, con el fin de especificar qué variables son las más determinantes para el rendimiento en esta habilidad.

#### REFERENCIAS

AL-IMAN, E. & LANK, E. (2006). Biasing response in Fitts' Law tasks. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 460 – 465): Canadá.

- BAHAMONDE, R. (2000). Angular momentum changes during the tennis serve. *Journal of Sport Science*, 18, 579-592.
- BAYIOS, I.A., ANASTASOPOULOU, E.M., SIOUDRIS, D.S. & BOUDOLOS, K.D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229-235.
- CAURAUGH, J.H., GABERT, T.E. & WHITE, J.J. (1990). Tennis serving velocity and accuracy. *Perceptual & Motor Skills* June, 3 (70), 719-722.
- CROSSMAN, E. R. & GOODEVE, P.J. (1963). Feedback control of hand movements and Fitts Law. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35, 251-278.
- DANION, F., DUARTE, M. & GROSJEAN, M. (1999). Fitts' law in human standing: the effect of scaling. *Neuroscience Letters* 277, 131-133.
- EDWARDS, B., WATERHOUSE, J., ATKINSON, G. & REILLY, T. (2007). Effects of time of day and distance upon accuracy and consistency of throwing darts. *Journal of Sport Sciences*, 25 (13), 1531-1538.
- ELLIOT, B., FLEISIG, G., NICHOLLS, R. & ESCAMILLA, R. (2003). Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6 (1), 76-87.
- FITTS, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.
- FITTS, P.M. & PETERSON, J.R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology*, 67, 103-112.
- FLEISIG, G., NICHOLLS, R., ESCAMILLA, R. & ELLIOT, B. (2002). Kinematics and kinetics of the high velocity in tennis serve. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34 (5), Supplement 1:105.
- GOROSTIAGA, E.M., GRANADOS, C., IBÁÑEZ, J. E IZQUIERDO, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 225-232.
- HERNANDO, E. (2004). *Aspectos que inciden en la eficacia del lanzamiento de doble penalti en fútbol sala*. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla- La Mancha, Toledo.
- ITO, A., TANABE, S. & FUCHIMOTO, T. (1995). Three-dimensional kinematic analysis of the upper limb joint in tennis flat serving. In K. Hakkinen (Ed.), *Jyvaskyla: XVth Congress of the International Society of Biomechanics*.
- JUÁREZ, D. Y NAVARRO, F. (2006). Análisis de la velocidad del balón en el tiro en futbolistas en función de la intención de precisión. Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 16, 39-49.
- KEELE, S.W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.
- KNUDSON, D., NOFFAL, G., BAHAMONDE, R., BAUER, J. & BLACKWELL, J. (2004). Stretching has no effect on tennis serve performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 3 (18), 654-656.

- LO, K., WANG, L., LIN, H. & SU, F. (2003). Momentum transfer of upper extremity segments during the tennis serve. In, S. Miller, *Tennis Science and Technology*, 2, pp. 185-191. Canada: Webcom Ltd.
- MENAYO, R., MORENO, F.J., FURLANETO, A., MÜLER, J. & FUENTES, J.P. (2007). The use of a technological system of measure to analyze the variability in the execution of tennis service and the evaluation of its result. *Journal of the International Federation of Physical Education*, 77, 722-725.
- MENAYO, R., MORENO, F.J., GARCÍA, J.A., SÁNCHEZ, P.A. Y LEO, F.M. (2008). Efectos de la velocidad de traslación de la mano-raqueta sobre la dirección del servicio plano en tenis: un estudio de caso. *Actas del II Congreso Internacional de Ciencias del Deporte*: Pontevedra.
- NEWELL, K.M., HOSHIZAKI, L.E.F., CARLTON, M.J. Y HALBERT, J.A. (1979). Movement time and velocity as determinants of movement timing accuracy. *Journal of Motor Behavior*, 29, 366-382.
- PLAMONDON, R., & ALIM, A. M. (1997). Speed/accuracy trade-offs in target-directed movements. *Behavioral and Brain Sciences*, 20 (2), 279-249.
- REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE TENIS, ÁREA DOCENTE. ESCUELA NACIONAL DE MAESTRÍA DE TENIS. (2007). Normativa del Curso de Entrenador Nacional de la R.F.E.T (Nivel II). Madrid: Autor.
- REYNOLDS, S.K. (2005). *Effects of same-day strength training on serve performance in female collegiate tennis players*. Tesis Doctoral. Brigham Young University, Utha.
- SCHMIDT, R.A. & LEE, T.D. (2005). *Motor Control and Learning*. United States: Human Kinetics.
- SCHMIDT, R.A., ZELAZNIK, H. & FRANK, J.S. (1978). Sources of inaccuracy in rapid movement. In G.E. Stelchmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning*. New York: Academic Press.
- SUBIJANA, C. & NAVARRO, E. (2003). An approach in determining adequate filming frequency in a biomechanical analysis of tennis serves. In S. Miller, *Tennis Science and Technology*, 2, (pp. 211-216). Canada: Ed. Webcom Ltd.
- TEXEIRA, L. A. (1999). Kinematics of kicking as a function of different sources of constraint on accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 88(3 Part 1), 785-789.
- TRESILIAN, J. R., PLOOY, A. & CARROLL, T. J. (2004). Constraints on the spatiotemporal accuracy of interceptive action: effects of target size on hitting a moving target. *Experimental Brain Research*, 155, 509-526.
- VAN DEN TILLAAR, R. & ETTEMA, G. (2006) A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm throwing. *Perceptual Motor Skills*, 103, 503-514.
- WOODWORTH, R.S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Review Monographs*.
- ZHAI, S., KONG, J. & REN, X. (2004). Speed-accuracy trade-off in Fitts' law tasks—on the equivalency of actual and nominal pointing precision. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61 (6), 823-856.

