

## Nivel de potencia mecánica en extremidades inferiores

¿se relaciona con la máxima velocidad del balón después del remate en Voleibol?

## CAPÍTULO I



Jesús León Lozada Medina\*



Ignacio Alejandro Costa\*\*



### Resumen

La aplicación de altos niveles de potencia mecánica en el deporte representa una ventaja sobre el rival, especialmente en el Voleibol, donde las acciones fundamentales dependen del rendimiento alcanzado en los saltos, que además constituyen una de las acciones utilizadas para evaluar el rendimiento de los deportistas. Sin embargo, no se ha encontrado evidencia bibliográfica del estudio sobre la relación de la potencia mecánica en miembros inferiores y la máxima velocidad del balón después del remate en el voleibol. El objetivo del presente trabajo es analizar la relación entre la potencia mecánica alcanzada en las extremidades inferiores y la máxima velocidad del balón después del remate en el voleibol. Se evaluaron 26 voleibolistas de ambos sexos, 12 masculinos ( $17,6 \pm 1,3$  años;  $181,6 \pm 6,1$  cm;  $67,3 \pm 9,7$  kg) y 14 femeninos ( $16,5 \pm 1,5$  años;  $166,1 \pm 6,4$  cm;  $59,7 \pm 6,7$  kg) durante el periodo competitivo y etapa precompetitiva. Se usó una alfombra de contacto para estimar la altura de los saltos Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ), Abalakov (ABK) y salto durante el remate, donde simultáneamente se midió la Velocidad Máxima del Balón (VMB) con un radar Doppler. Se calcularon los valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimo para las variables. En ambos sexos se observó que la potencia mecánica del salto del peor remate (SPR) es mayor que la del mejor remate (SMR), y ambos son superiores que ABK, CMJ y SJ. Al aplicar la *t* de student para datos independientes entre los pares de variables, no se hallaron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre el Salto con el Peor Remate (SpR) y Salto con el Mejor Remate (SMR) para ambos sexos, mientras para el resto de variables de saltos pareadas se rechaza la hipótesis de igualdad en las medias ( $p < 0,05$ ) en ambos sexos. Se concluye que para el grupo en estudio la velocidad del balón después del remate además de estar condicionada por factores coordinativos asociados a la secuencia del salto, existe evidencia de estar relacionada con la potencia absoluta producida durante los saltos y con el aprovechamiento de la energía elástica.

### Palabras clave

**potencia, voleibol, velocidad, remate**

\*Mg. Fisiología del ejercicio, Doctorando Cs. de la Actividad Física y el Deporte. Docente Asistente Tiempo Completo, Corporación Universitaria del Caribe (CECAR; Sincelejo-Sucre, Colombia). Miembro Coordinador del Observatorio de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (OICAFD-UNELLEZ), Editor adjunto: Revista Ciencias del Deporte. [Jesusleon.lm@gmail.com](mailto:Jesusleon.lm@gmail.com); [jesus.lozadam@cecar.edu.co](mailto:jesus.lozadam@cecar.edu.co)

\*\*Lcdo. en Educación Física. Esp. En Educación. Docente Universidad FASTA, Facultad de ciencias de la Educación (Argentina) Editor MOVU Revista de las Ciencias de la Actividad Física. [costa.ignacio@gmail.com](mailto:costa.ignacio@gmail.com)

## Abstract

The application of high levels of mechanical power in sport represents an advantage over the rival, especially in Volleyball, where the fundamental actions depend on the performance achieved in the jumps, which is also one of the actions used to evaluate the performance of athletes. However, no bibliographical evidence has been found from the study on the relationship between mechanical power in lower limbs and maximum ball speed after the shot in Volleyball. The aim of the present work is to analyse the relationship between the mechanical power achieved in the lower limbs and the maximum speed of the ball after the shot in volleyball. Twenty-six male and female volleyball players were evaluated, 12 male ( $17.6 \pm 1.3$  years;  $181.6 \pm 6.1$  cm;  $67.3 \pm 9.7$  kg) and 14 female ( $16.5 \pm 1.5$  years;  $166.1 \pm 6.4$  cm;  $59.7 \pm 6.7$  kg) during the competitive and pre-competitive period. A contact mat was used to estimate the height of the Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ), Abalakov (ABK) and jump during the diving, where simultaneously the Maximum Ball Speed (MBV) was measured with a Doppler radar. The average, standard deviation, maximum and minimum values for the variables were calculated. In both sexes it was observed that the mechanical power of the jump from the worst punch line (SPR) is greater than that of the best punch line (SMR), and both are greater than ABK, CMJ and SJ. When applying the student t for independent data between the pairs of variables, no differences ( $p > 0.05$ ) were found between the Leap with the Worst Rebound (SpR) and Leap with the Best Rebound (SMR) for both sexes, while for the rest of paired leap variables the hypothesis of equality in the means ( $p < 0.05$ ) was rejected in both sexes. It is concluded that for the group under study, the speed of the ball after the shot is not only conditioned by coordinating factors associated with the sequence of the jump, but also by the absolute power produced during the jumps and the use of the elastic energy.

## Keywords

power, volleyball, speed, spike

## Cita sugerida

Lozada, J., & Costa, I. (2019). Nivel de potencia mecánica en extremidades inferiores ¿se relaciona con la máxima velocidad del balón después del remate en voleibol? En J. Lozada & J. Padilla (Ed.), *Deporte y actividad física: miradas de la investigación aplicada* (pp. 12-34). Venezuela: FEDUEZ. Editorial

## Introducción



La aplicación de altos niveles de fuerza en un lapso de tiempo breve, genera altos niveles de potencia, también denominada como la fuerza por la velocidad en cada instante de movimiento (Aullana, 2015) y para efectos de análisis en el deporte como potencia mecánica (Winter et al., 2016). En este sentido, la producción de potencia mecánica es de gran relevancia en acciones motrices de la mayoría de los deportes (Hertogh & Hue, 2002) especialmente en aquellos que han actualizado su sistema competitivo y normativa a dinámicas más fluidas y rápidas en sus acciones y secuencias técnicas-tácticas. Por lo cual, la aplicación de altos niveles de potencia mecánica en el deporte representa una ventaja sobre el rival, especialmente en el Voleibol, donde la presencia de la red requiere que los jugadores deban elevarse (mediante un salto de gran intensidad donde predomina el componente vertical, por sobre el horizontal) para obtener una ventaja estratégica, ya sea en acciones ofensivas como el remate y el saque; o defensivas como el bloqueo. (Grgantov, Milić, & Katić, 2013). De hecho, el salto vertical es una herramienta comúnmente utilizada para evaluar la potencia de los miembros inferiores en los jugadores de voleibol (Sahin, 2014; Wagner, Tilp, Von Duvillard, & Mueller, 2009) agility, and jumping ability in female volleyball players. A total of 12 female collegiate volleyball players were examined. The mean (SD. Concretamente el salto de remate, y los saltos con contramovimiento, se han reportado como indicadores críticos de rendimiento (Sheppard *et al.*, 2008).

Dentro de la evaluación del rendimiento físico atlético, existen diferentes tipos de saltos verticales y cada uno aporta información relevante para el entrenamiento. El salto desde la posición de sentadillas (SJ) se toma como referente de la potencia que el sujeto puede aplicar, para elevarse verticalmente, mediante una acción muscular concéntrica. El salto con contramovimiento (CMJ) puesto que presenta una acción de estiramiento-acortamiento, expresa el aprovechamiento de la energía elástica hasta en un 24% (Struzik & Zawadzki, 2019) y de una actividad mioeléctrica incrementada, durante el estiramiento de los músculos agonistas, previo a su contracción para el impulso vertical (Riggs & Sheppard, 2014).

El salto de Abalakov, adiciona a lo mencionado en el CMJ, el grado de coordinación que el deportista puede tener, al aprovechar la inercia generada por el balanceo de acompañamiento de las extremidades superiores, durante el ciclo de estiramiento-acortamiento. Es importante aclarar que la producción de potencia mecánica durante el salto puede estar condicionada por factores coordinativos durante su ejecución y antropométricos proporcionales propios de cada sujeto (Morin, Jiménez-Reyes, Brughelli, & Samozino, 2019) athletes produce high amounts of mechanical work over a short duration to displace their body mass (i.e. the dimension of mechanical power.

La evaluación de los diferentes tipos de salto vertical, permite conocer distintos aspectos

que influyen en la altura que el sujeto pueda lograr en el salto de remate, aunque esté presente una mayor complejidad técnica. De hecho se ha establecido una relación significativa entre el SJ, y el CMJ, con el salto de remate (Wagner *et al.*, 2009).

La importancia del remate en el Voleibol, radica en que durante el juego, es el gesto técnico con el que se consiguen más de la mitad de los puntos (Valadés, Palao, & Bermejo, 2013) y por ello la velocidad lineal del balón después del golpeo es determinante para alcanzar más puntos, como objetivo terminal del juego (Bermejo, Palao, & Valadés, 2013). Se postula que su eficacia depende, además de la dirección del balón, de la altura del salto del deportista y de la potencia del golpe, lo que obviamente está vinculado a la velocidad que el sujeto le imprime al elemento (Bermejo *et al.*, 2013; Grgantov *et al.*, 2013; Valadés, Palao, Aúnsolo, & Ureña, 2016; Valadés *et al.*, 2013).

En la bibliografía, existen numerosos trabajos sobre el salto vertical en el Voleibol (Riggs & Sheppard, 2014) sin embargo, no se ha establecido si existe una relación entre la potencia mecánica alcanzada en los diferentes saltos verticales (SJ, CMJ, AKB y salto de remate) y la velocidad lineal horizontal con descenso en diagonal que el sujeto puede imprimir al balón en un remate eficaz. Lo que indica que el propósito de la presente investigación es *analizar la relación entre la potencia mecánica alcanzada en las extremidades inferiores y la máxima velocidad del balón después del remate en el voleibol.*

## Materiales y métodos

El estudio actual se enmarca en el enfoque cuantitativo, empírico-analítico, de tipo descriptivo correlacional y con naturaleza de campo. El paradigma del trabajo es positivista, ya que el proceso de análisis de datos se realizó con el empleo de métodos estadísticos. Las variables se recolectaron mediante el uso de instrumentos de precisión, durante la aplicación de pruebas en el sitio de entrenamiento (campo), además con el fin de obtener rendimientos cercanos a los realizados eventualmente durante los entrenamientos.

La muestra se obtuvo mediante un método no probabilístico intencionado y estuvo conformada por 26 sujetos de ambos sexos, 12 masculinos (17,6 ±1,3 años; 181,6 ±6,1 cm; 67,3 ±9,7 kg) y 14 femeninas (16,5 ±1,5 años; 166,1 ±6,4 cm; 59,7 ±6,7 kg) todos miembros de una selección juvenil de Voleibol estatal (Tabla 1).

**Tabla 1. Estadísticos de las variables básicas por sexo de los voleibolistas juveniles evaluados**

Sexo	Variables básicas	N		Media	Desviación estándar (DS)	Mínimo	Máximo
		Validos	Perdidos				
Masculino	Edad (años)	12	0	17,6	1,3	15,6	19,7
	Masa corporal (kg)	12	0	67,3	9,7	53,0	84,0
	Estatura (cm)	12	0	181,7	6,2	170,0	189,0
	Índice de masa corporal	12	0	20,6	2,2	17,7	24,3
Femenino	Edad (años)	12	0	16,5	1,5	14,6	19,4
	Masa corporal (kg)	14	0	59,7	6,8	49,3	73,4
	Estatura (cm)	14	0	166,1	6,4	155,0	178,0
	Índice de masa corporal	14	0	21,5	3,0	16,5	26,1

Para el procedimiento de recolección de datos se sigue la secuencia indicada en la figura 1, donde se especifica que el equipo en cuestión se encontraba en su periodo competitivo, etapa precompetitiva con miras a los juegos nacionales respectivos. Para la recolección de los datos se realizó la siguiente secuencia metodológica: primero, se recolectaron las variables antropométricas, durante la medición de las mismas se aplicó el protocolo sugerido por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Stewart A, Marfell-Jones M, 2011) al medir las variables antropométricas básicas, con los instrumentos: un estadiómetro Harpenden® (cm) para la medición de la estatura y una balanza electrónica (kg) marca SECA ©, para la medición de la masa corporal.

En segunda instancia, se aplicaron las pruebas físicas generales, mediante el protocolo sugerido por Bosco en las pruebas de SJ y CMJ, así como ABK, además se midió el salto durante la ejecución del remate. Los saltos se midieron con el uso de una alfombra de contactos marca Axon Jump® (cm). Para todas las pruebas se emplearon tres (3) intentos y se consideraron los saltos donde se obtenía el Salto con el Mejor Remate (SMR) en kilómetros por hora (km/h) y el Salto con el Peor Remate (SpR). En la medición de la velocidad del remate (km/h) se utilizó un radar Doppler modelo Bushnell®. Se consideró un rango de 3 minutos entre cada intento por tipo de salto y de 5 minutos de recuperación entre cada tipo de salto para cada sujeto. La secuencia metodológica realizada para recolección de la información se puede resumir en la Figura 1.

Para la estimación de la potencia mecánica se aplicó la fórmula propuesta por Harman,

Rosenstein, Frykman, Rosenstein, & Kraemer (1991) published in widely distributed textbooks, are used to calculate power output from vertical jump-and- reach distance and body weight. Despite the fact that the method has never been supported by a refereed journal publication and the texts never revealed whether peak or average power was being estimated, the test has become increasingly used by physical educators, coaches and researchers. Theoretical analysis has raised questions about the formula's validity, In order to evaluate the test, Lewis formula derived power output was compared to peak power and average power generated by 17 male subjects jumping vertically from a computer-intefaced force plate. Lewis power, peak power and average power (mean +/- SD donde potencia (W)= (61.9 x altura de salto (cm)) + (36 x masa corporal (kg)) – 1822; la cual presenta una correlación de  $r=0,89$  respecto de la evaluación en plataforma de fuerza (Lara, Abián, Alegre, Jiménez, & Aguado, 2019), además de ser utilizada en estudios previos con Voleibol (Lara-Sánchez, Vicén, Alegre-Durán, Linares, & Jódar, 2005) or estimated (indirect way).

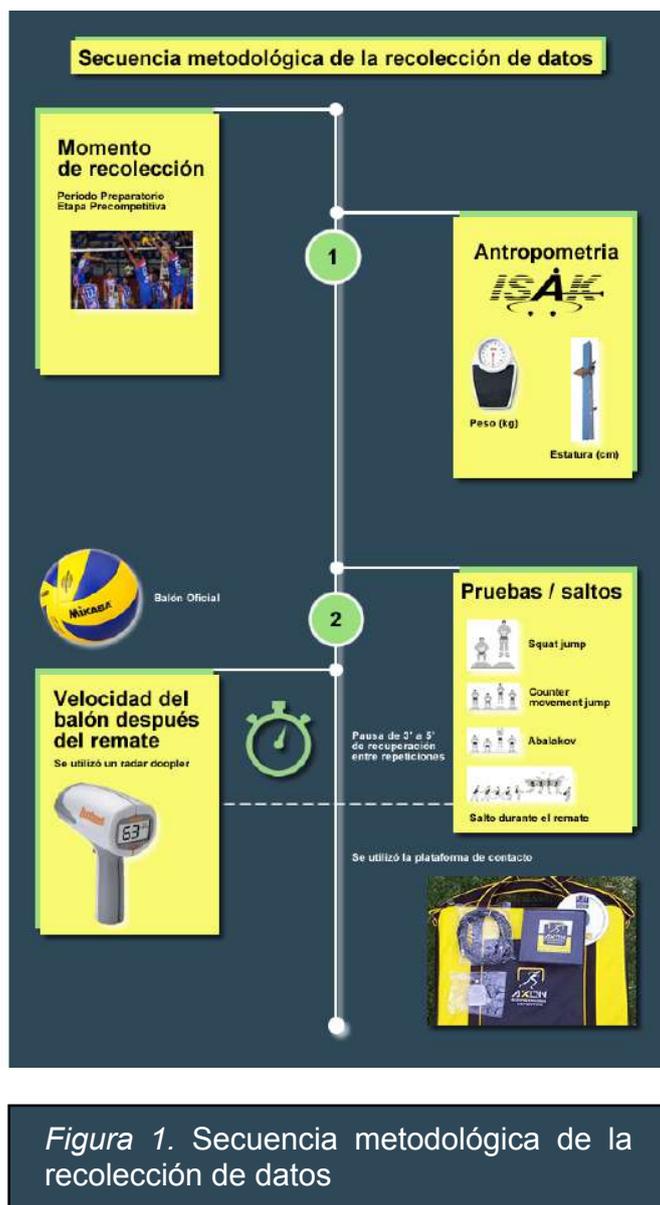
### *Metodología aplicación de las pruebas*

Los sujetos estaban familiarizados con las pruebas que se tomaron, pues suelen utilizarse con cierta frecuencia en la temporada deportiva como control del rendimiento.

Squat Jump (SJ): en la evaluación los sujetos partieron desde la posición de bipedestación con las rodillas flexionadas a  $100^\circ$  (registrada por medio de un goniómetro), y las manos en la cintura. Solicitándose que no realice ningún tipo de contramovimiento con el salto en forma vertical, y que alcance su altura máxima.

Counter Movement Jump (CMJ): en este se partió desde la posición bípeda y los sujetos con las manos en la cintura, iniciaron la acción con una flexión de rodillas libre (contramovimiento), según su propia percepción para intentar así alcanzar el mejor rendimiento posible, favorecido por la energía elástica acumulada por medio del estiramiento de la musculatura agonista y activación del reflejo miotático, lo que potenció la acción propulsiva inmediata posterior de salto vertical máximo.

Abalakov (ABK): en esta prueba aplicó el mismo principio del CMJ, con la variante de permitir a demás, un libre balanceo de las extremidades superiores, para que sea aprovechado en la fase de impulso vertical por los sujetos.



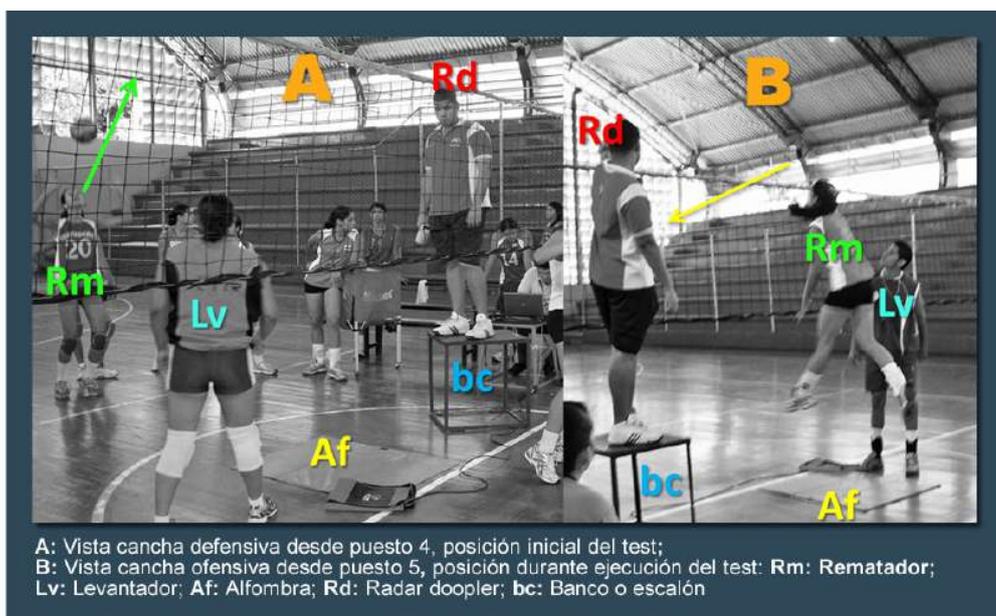
El proceso de la medición de las variables salto durante el remate se puede apreciar en la Figura 2, en sus imágenes A y B, cuyo flujograma se describe a continuación:

Salto durante el Remate (SrR): para el salto durante el remate se colocó la red de manera reglamentaria para el sexo, siendo 2,43m♂ y 2,24m♀ (FIVB, 2016). El jugador (a) levantador (a) se ubicó de forma habitual en el puesto 3, a pesar que la acción de colocación se ha determinado como independiente de la eficacia del ataque (Afonso, Mesquita, Marcelino, & Da Silva, 2010) an increased importance has been given to the preservation of the situation's ecology, thus attempting the comprehension of game patterns through the establishment of relationships between variables of<sup>^</sup> several orders. The purpose of this study was to analyse some match variables that could constraint the setter's tactical action in high-performance women's volleyball, as well as its outcomes. Six matches of the Women's World Champhionships 2006 were analysed following a category system, recurring to observational methodology, namely the technique of sequential lag analysis. Attack tempo has emerged as the crucial

variable of the setter's tactical action. Patterns with closed blocks from the opponent, setting in the ideal zone with a jump set, attack simulation by the middle attacker and block anticipation, through committing strategies, tended to culminate in quick attacks. These, in turn, stimulate a debilitated block opposition. Open block formations, receptions in zones 4 and 1, setting in non-ideal zones, no simulation by the middle attacker and a non-anticipative block (read-and-react strategy se realizó una colocación a elección del rematador en procura de buscar el mejor remate y realizar una carrera previa igualmente a libre elección, pudiendo realizar un tiempo de ataque de 2do tipo efectuando dos o tres pasos después de la colocación o 3er tipo donde el atacante esperó a que el balón alcanzara la cima de la trayectoria ascendente y sólo entonces comenzó los pasos de ataque (De Conti Teixeira Costa et al., 2018), por lo tanto en la misma zona (puesto 3) donde se levanta el balón, realizaba la batida de su elección para el salto, sobre la alfombra de contacto y aterrizar sobre la misma, se debe señalar que la alfombra se fijó a la superficie de madera sin desniveles utilizando cinta doble faz o con pegamento por ambas caras evitando su deslizamiento durante la batida o el aterrizaje.

Velocidad máxima del balón después del remate: para su medición se utilizó un radar con sistema Doopler (Valadés, Palao, Femia, Radial, & Ureña, 2007b) cuya velocidad máxima del balón se midió en kilómetros por hora (km/h) en dirección lineal y horizontal, ubicando al evaluador con el radar apuntando en la misma dirección del remate (ver figura 2). Se registraron tres (3) intentos de remate desde el puesto tres (3) y dirigidos a una diana distanciada a cinco (5) metros de la malla e imprimir máxima velocidad hacia la zona de zaguero 6.

Para iniciar, el mismo rematador pasaba el balón mediante un voleo al levantador, la zona de inicio era de libre elección para que cada cual buscara su mejor perfil de entrada al salto, en coordinación con el levantador. El radar se colocó paralelo, apuntando a la dirección del remate, justo al lado donde se realizó la ejecución del golpeo, así el evaluador se ubicó en puesto 4 cercano a la red, sobre un banco o escalinata que le permitió pasar el brazo con el radar sobre la red, sin incomodar la ejecución de la levantada, ni del salto durante el remate. Para una apreciación grafica de la descripción realizada podemos observar la figura 2.



*Figura 2.* Representación de la ubicación de las personas durante el test de medición de la máxima velocidad del balón después del remate en voleibol

Para efectos del análisis estadístico se realizó la prueba no paramétrica Shapiro Wilk para determinar el nivel de la normalidad de los datos, así mismo la descripción de los datos con valores promedio y de dispersión, seguido de las comparaciones de medias entre pares de variables y correlaciones, considerando como parámetros de clasificación a las correlaciones el siguiente Coeficiente de Interpretación: 0 Nula; >0 – 0,2 Muy baja; >0,2 – 0,4 Baja; > 0,4 – 0,6 Moderada; >0,6 – 0,8 Alta; >0,8 – <1,0 Muy alta (Rowntree, 1984). Con análisis de la determinación lineal por el  $r^2$  para las correlaciones altas.

## Resultados

En cuanto a las variables medidas, los resultados presentados en la Tabla 2 apoyan a la aceptación de la hipótesis nula de normalidad para todas las variables de ambos sexos de acuerdo a la significancia del estadístico no paramétrico Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ) por lo tanto los tratamientos posteriores serán con la aplicación de estadísticos paramétricos. Es evidente que los valores del grupo masculino son superiores respecto del femenino, en todas las variables.

En los mismos se destaca que la desviación estándar del mejor remate del grupo masculino (5,6km/h) es inferior que el grupo femenino (8,2km/h), por lo tanto es apreciable una mayor homogeneidad del grupo masculino para esa variable. El valor promedio de salto Abalakov en masculino (46,4cm) es inferior que los saltos durante el mejor y peor remate (53cm y 55,4cm respectivamente). Igualmente, el grupo femenino presenta valores superiores en los saltos

durante el remate (SMR y SpR) respecto al salto Abalakov.

**Tabla 2. Estadísticos descriptivos y normalidad para las variables medidas en los voleibolistas juveniles de acuerdo al sexo**

Sexo	Variables básicas	Media	Desviación estándar (DS)	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
						Estadístico	Sig.
Masculino	Squat Jump (cm)	31,0	4,3	24,6	39,6	,962	,817
	CMJ (cm)	36,6	3,2	32,1	44,1	,935	,431
	Abalakov (cm)	46,4	3,5	40,8	51,5	,953	,684
	Salto en MR (cm)	55,4	8,2	42,9	67,6	,939	,482
	Salto en PR (cm)	53,0	7,3	40,8	65,0	,972	,926
	Vel. Máx. del balón pR (km/h)	64,0	10,8	38,6	75,6	,900	,158
	Vel. Máx del balón MR (km/h)	77,4	5,6	67,6	83,7	,867	,060
Femenino	Squat Jump (cm)	20,7	2,8	15,9	26,4	,972	,903
	CMJ (cm)	24,9	3,7	18,0	31,1	,965	,803
	Abalakov (cm)	31,2	4,6	22,0	40,8	,973	,912
	Salto en MR (cm)	35,0	7,3	22,0	45,3	,938	,399
	Salto en PR (cm)	34,6	6,9	21,2	49,0	,983	,990
	Vel. Máx. del balón pR (km/h)	44,8	8,1	33,8	64,4	,935	,361
	Vel. Máx del balón MR (km/h)	59,2	8,2	41,8	74,0	,934	,344

MR: Mejor Remate, pR: Peor Remate

En consecuencia, se realiza la comparación de la media entre los saltos por pares mediante las pruebas t relacionadas para cada sexo por separado (Tabla 3). En la misma se observan que no existen diferencias ( $p > 0,05$ ) entre el salto con el peor remate y salto con el mejor remate (par 10) para ambos sexos, mientras para el resto de las variables pareadas se rechaza la hipótesis de igualdad en las medias ( $p < 0,05$ ) de los pares de variables en ambos sexos.

Tabla 3. Comparación de medias por sexo entre los pares de variables de los saltos

Pareo de variables		Pruebas t relacionadas	
		Masculino	Femenino
		Sig. (bilateral)	
Par 1	SJ(cm) - CMJ (cm)	,000	,000
Par 2	SJ (cm) - Abk (cm)	,000	,000
Par 3	SJ (cm) - SpR (cm)	,000	,000
Par 4	SJ (cm) - SMR (cm)	,000	,000
Par 5	CMJ (cm) - Abk (cm)	,000	,000
Par 6	CMJ (cm) - SpR (cm)	,000	,000
Par 7	CMJ (cm) - SMR (cm)	,000	,000
Par 8	ABK (cm) - SpR (cm)	,001	,007
Par 9	ABK (cm) - SMR (cm)	,001	,018
Par 10	SpR (cm) - SMR (cm)	,200	,690

SJ: Squat Jump; CMJ: Counter Movement Jump; Abk: Abalakov; SpR: Salto en peor remate; SMR: Salto en mejor remate

En la Figura 3 se puede observar que los saltos del grupo masculino, SJ, CMJ, Abk se muestran diferentes e inferiores a los saltos SpR y SMR. Se observa además que la media del SpR es ligeramente superior que la media de SMR. En el grupo femenino (Figura 4) se observa igualmente las diferencias entre los saltos, para el SJ, CMJ, ABK son inferiores, sin embargo, el promedio de SMR es ligeramente mayor que el SpR, finalmente se destaca que los datos al 50% de confianza (cajas) para el SRM se muestran más homogéneos que el SpR para ambos sexos.

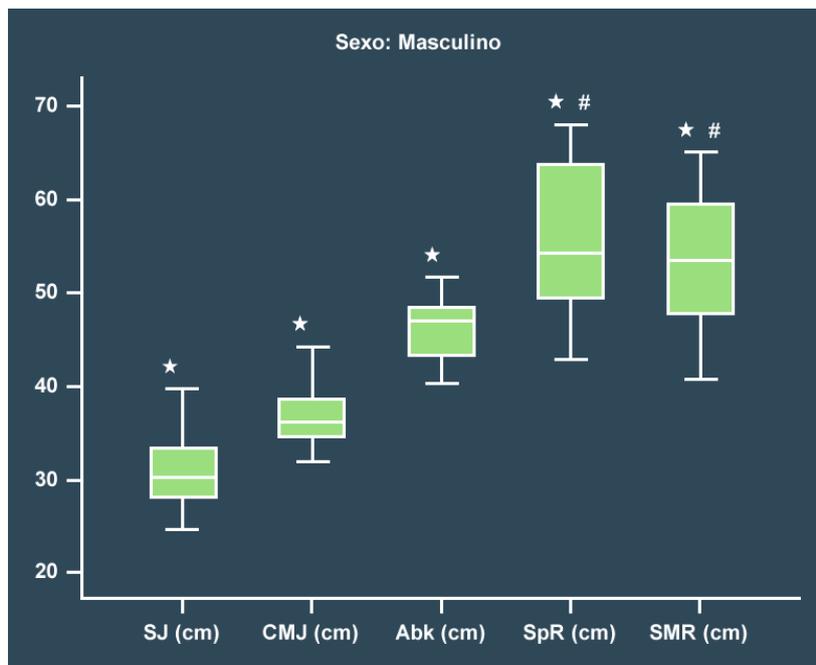


Figura 3. Promedios, zonas de confianza al 50% y 95% de los saltos en voleibolistas masculinos; \* Diferencias significativas con las demás variables; # sin diferencias entre las variables señaladas.

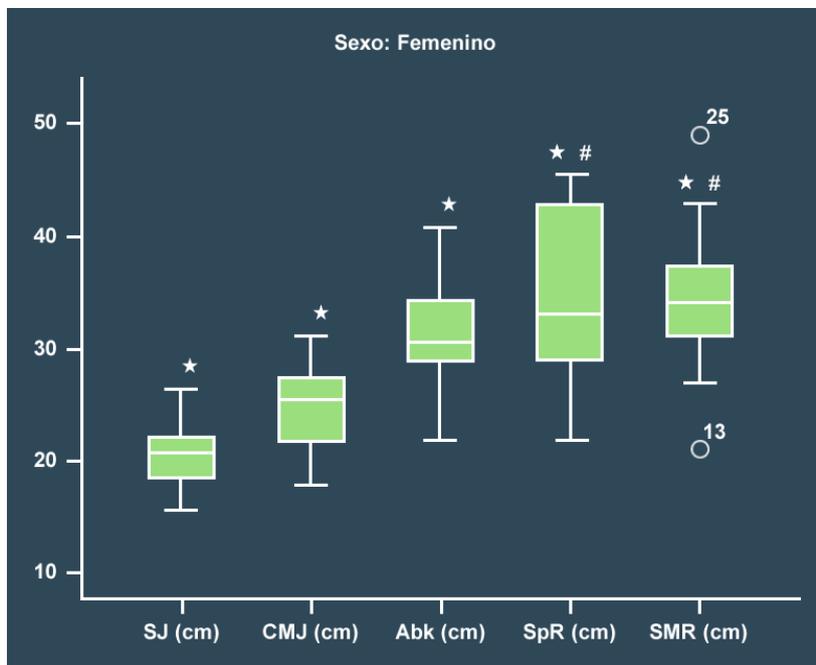


Figura 4. Promedios, zonas de confianza al 50% y 95% de los saltos en voleibolistas femeninas; \* Diferencias significativas con las demás variables; # sin diferencias entre las variables señaladas

En las tablas 4 y 5 se observa que la mejor potencia absoluta y relativa para ambos sexos, se alcanzó en el SpR, sin embargo, la potencia del SMR también es superior a los saltos ABK, CMJ y SJ.

**Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la potencia mecánica para los saltos y durante el remate en voleibolistas juveniles masculinos**

Variables de potencia y velocidad del balón	Media	Desviación estándar (DS)	Mínimo	Máximo
SJ (W)	2521,9	424,2	1949,2	3113,2
CMJ (W)	2869,1	416,9	2203,0	3441,2
ABK (W)	3473,1	375,4	2964,4	4016,8
SMR (W)	3883,2	459,3	3007,5	4685,5
SpR (W)	4031,3	464,1	3137,5	4594,4
SJ (W/kg)	37,5	3,9	31,3	45,1
CMJ (W/kg)	42,7	3,1	38,6	49,2
ABK (W/kg)	52,0	4,3	45,9	57,0
SMR (W/kg)	58,4	8,4	46,8	70,6
SpR (W/kg)	60,8	9,8	47,7	74,1

SJ: Squat Jump; CMJ: Counter Movement Jump; Abk: Abalakov; SpR: Salto en peor remate; SMR: Salto en mejor remate

**Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la potencia mecánica para los saltos y durante el remate en voleibolistas juveniles femenino**

Variables de potencia y velocidad del balón	Media	Desviación estándar (DS)	Mínimo	Máximo
SJ (W)	1606,7	302,9	937,0	1984,1
CMJ (W)	1866,2	314,7	1067,0	2270,3
ABK (W)	2260,6	357,4	1314,6	2745,5
SMR (W)	2469,3	540,5	1265,1	3475,9
SpR (W)	2493,2	528,7	1314,6	3475,9
SJ (W/kg)	26,8	3,4	19,0	32,9
CMJ (W/kg)	31,2	4,1	21,6	37,7
ABK (W/kg)	37,9	5,3	26,7	49,6
SMR (W/kg)	41,2	7,3	25,7	56,1
SpR (W/kg)	41,8	8,0	26,7	55,0

SJ: Squat Jump; CMJ: Counter Movement Jump; Abk: Abalakov; SpR: Salto en peor remate; SMR: Salto en mejor remate

En la Tabla 6 se muestran las correlaciones bivariadas para las variables de potencia en los saltos absoluta y relativa con la velocidad del balón después del remate en ambos sexos. Se destaca que en el grupo masculino no se halló evidencia de correlación ( $p > 0,05$ ) entre la velocidad máxima del balón en el mejor remate (VMB en MR) y las variables de potencia de salto, sin embargo, si hay evidencia ( $p < 0,05$ ) de correlación directa y moderada entre VMB en MR con el % del índice elástico ( $r = 0,59$ ). Además, se observan correlaciones significativas al  $p < 0,01$  entre el salto realizado durante el mejor remate (SMR) y los saltos SJ (moderada para  $r = 0,56$ ), CMJ (alta para  $r = 0,64$ ) y ABK (alta para  $r = 0,75$ ). Estas relaciones se pueden observar en la figura 5 donde se grafica el ajuste lineal de la relación para la potencia absoluta de los pares de variables SMR-SJ, SMR-CMJ y SMR-ABK del sexo masculino.

En cuanto al sexo femenino se observa una correlación directa alta ( $r = 0,62$ ) y significativa ( $p < 0,05$ ) entre VMB en MR y ABK, también se pueden observar correlaciones significativas entre la potencia absoluta de SJ ( $p < 0,0$ ; moderada  $r = 0,56$ ) y CMJ ( $p < 0,05$ ; alta  $r = 0,75$ ) con SMR, así como correlaciones altas entre la potencia relativa de SJ ( $r = 0,76$ ), CMJ ( $r = 0,75$ ) y ABK ( $r = 0,78$ ) con SMR ( $p < 0,01$ ), dichas correlaciones se verifican además en el ajuste lineal realizado en el gráfico de dispersión para los pares de variables SMR-SJ, SMR-CMJ y SMR-ABK (figura 6). Es importante destacar que existen otras correlaciones entre las variables de saltos, sin embargo, no son objeto de estudio del presente trabajo.

Respecto de las correlaciones con la velocidad se puede apreciar además en la figura 7, un coeficiente de determinación de  $R^2=35,3$  entre el índice elástico con la velocidad del mejor remate para el sexo masculino, y en la figura 8 un  $R^2= 26,2$  del salto ABK con la velocidad en el mejor remate para el sexo femenino.

**Tabla 6. Significancia bilateral de las correlaciones bivariadas para las variables de potencia con la velocidad máxima del balón después del remate de acuerdo al sexo**

Variables	VMB en pR (km/h)	VMB en MR (km/h)	% índice elástico	SJ (W)	CMJ (W)	ABK (W)	SMR (W)	SpR (W)	SJ (W/kg)	CMJ (W/kg)	ABK (W/kg)	SMR (W/kg)	SMR (W/kg)
R	,178	,410	-,178	-,168	-,234	-,324	-,401	-,274	-,005	-,065	-,089	-,127	-,021
Sig.	,522	,183	,522	,913	-,094	-,203	-,299	-,181	-,910	-,182	-,401	-,895	-,188
R	,522	,183	,522	-,913	-,094	-,203	-,299	-,181	-,910	-,182	-,401	-,895	-,188
Sig.	,042	,183	,042	-,007	-,345	-,528	-,382	-,058	-,779**	-,681	-,196	-,312	-,601
R	,042	,183	,042	-,309	-,345	-,528	-,382	-,058	-,779**	-,681	-,196	-,312	-,601
Sig.	,244	,224	,244	-,329	-,912	-,116	-,220	-,857	-,003	-,214	-,081	-,543	-,234
R	-,244	,441	-,244	-,329	-,912	-,116	-,220	-,857	-,003	-,214	-,081	-,543	-,234
Sig.	,401	,435	,401	-,909**	-,000	-,939**	-,817**	-,479	-,525	-,343	-,144	-,102	-,349
R	,401	,435	,401	-,909**	-,000	-,939**	-,817**	-,479	-,525	-,343	-,144	-,102	-,349
Sig.	,295	,520	,295	-,000	-,917**	-,000	-,001	-,115	-,080	-,275	-,655	-,267	-,402
R	,295	,520	,295	-,000	-,917**	-,000	-,001	-,115	-,080	-,275	-,655	-,267	-,402
Sig.	,369	,056	,369	-,841**	-,917**	-,943**	-,749**	-,519	-,313	-,273	-,301	-,255	-,402
R	,369	,056	,369	-,841**	-,917**	-,943**	-,749**	-,519	-,313	-,273	-,301	-,255	-,402
Sig.	,194	,618**	,194	-,000	-,917**	-,000	-,006	-,486	-,322	-,263	-,342	-,209	-,366
R	,194	,618**	,194	-,000	-,917**	-,000	-,006	-,486	-,322	-,263	-,342	-,209	-,366
Sig.	,382	,019	,382	-,000	-,917**	-,000	-,006	-,486	-,322	-,263	-,342	-,209	-,366
R	,382	,019	,382	-,000	-,917**	-,000	-,006	-,486	-,322	-,263	-,342	-,209	-,366
Sig.	,176	,504	,176	-,845**	-,828**	-,870**	-,916**	-,018	-,773**	-,715**	-,262	-,421	-,119
R	,176	,504	,176	-,845**	-,828**	-,870**	-,916**	-,018	-,773**	-,715**	-,262	-,421	-,119
Sig.	,435	,163	,435	-,760**	-,750**	-,860**	-,767**	-,000	-,005	-,009	-,211	-,173	-,111
R	,435	,163	,435	-,760**	-,750**	-,860**	-,767**	-,000	-,005	-,009	-,211	-,173	-,111
Sig.	,250	,416	,250	-,844**	-,840**	-,816**	-,767**	-,000	-,005	-,009	-,211	-,173	-,111
R	,250	,416	,250	-,844**	-,840**	-,816**	-,767**	-,000	-,005	-,009	-,211	-,173	-,111
Sig.	,390	,139	,390	-,844**	-,840**	-,816**	-,767**	-,000	-,005	-,009	-,211	-,173	-,111
R	,390	,139	,390	-,844**	-,840**	-,816**	-,767**	-,000	-,005	-,009	-,211	-,173	-,111
Sig.	,268	,454	,268	-,537**	-,778**	-,758**	-,590**	-,761**	-,815**	-,870**	-,720**	-,799**	-,593*
R	,268	,454	,268	-,537**	-,778**	-,758**	-,590**	-,761**	-,815**	-,870**	-,720**	-,799**	-,593*
Sig.	,354	,103	,354	-,048	-,001	-,002	-,026	-,019	-,000	-,000	-,008	-,002	-,042
R	,354	,103	,354	-,048	-,001	-,002	-,026	-,019	-,000	-,000	-,008	-,002	-,042
Sig.	,328	,511	,328	-,344	-,554*	-,735**	-,529	-,656**	-,675**	-,870**	-,783**	-,874**	-,745**
R	,328	,511	,328	-,344	-,554*	-,735**	-,529	-,656**	-,675**	-,870**	-,783**	-,874**	-,745**
Sig.	,252	,062	,252	-,229	-,040	-,003	-,052	-,011	-,008	-,000	-,000	-,000	-,005
R	,252	,062	,252	-,229	-,040	-,003	-,052	-,011	-,008	-,000	-,000	-,000	-,005
Sig.	,398	,472	,398	-,557**	-,638**	-,747**	-,857**	-,837**	-,757**	-,748**	-,783**	-,874**	-,745**
R	,398	,472	,398	-,557**	-,638**	-,747**	-,857**	-,837**	-,757**	-,748**	-,783**	-,874**	-,745**
Sig.	,159	,089	,159	-,038	-,014	-,002	-,000	-,000	-,002	-,002	-,001	-,000	-,005
R	,159	,089	,159	-,038	-,014	-,002	-,000	-,000	-,002	-,002	-,001	-,000	-,005
Sig.	,190	,307	,190	-,396	-,488	-,685**	-,667**	-,841**	-,670**	-,711**	-,864**	-,882**	-,784**
R	,190	,307	,190	-,396	-,488	-,685**	-,667**	-,841**	-,670**	-,711**	-,864**	-,882**	-,784**
Sig.	,514	,286	,514	-,161	-,077	-,007	-,009	-,000	-,009	-,004	-,000	-,000	-,002
R	,514	,286	,514	-,161	-,077	-,007	-,009	-,000	-,009	-,004	-,000	-,000	-,002
Sig.													

VMB: Velocidad máxima del balón; pR: Peor Remate; MR: Mejor Remate; CMJ: Counter Movement Jump; ABK: Abalakov; SpR: Salto en peor remate; SMR: Salto en mejor remate

■ Femenino ■ Masculino \*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral) | \* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

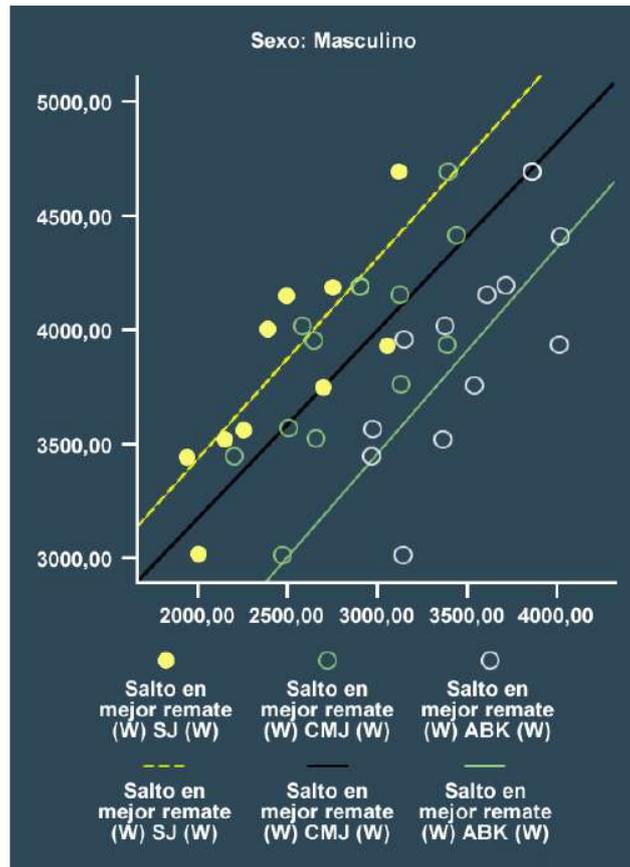


Figura 5. Dispersión y ajuste lineal de la relación entre la potencia mecánica absoluta para los saltos SMR-SJ; SMR-CMJ y SMR y ABK del sexo masculino

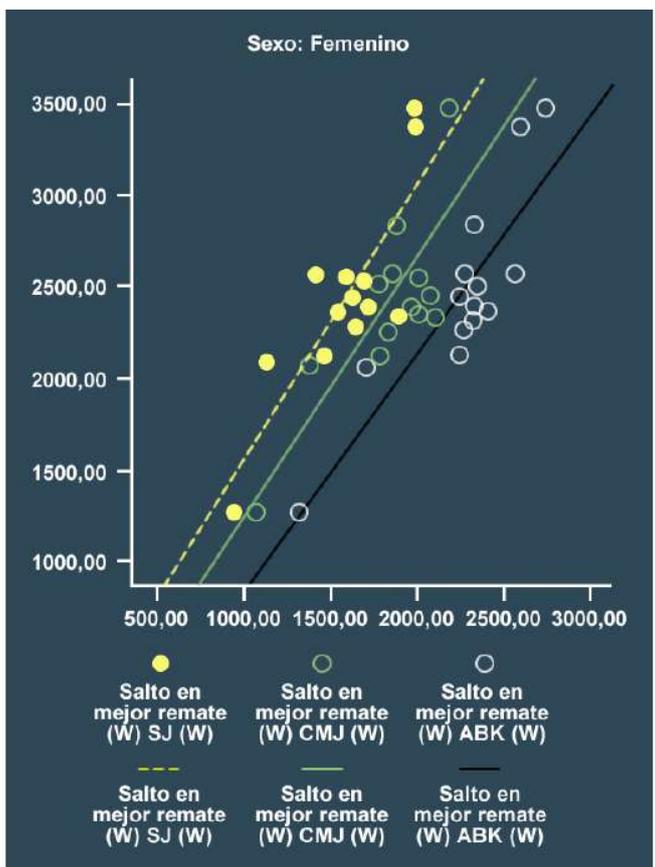


Figura 6. Dispersión y ajuste lineal de la relación entre la potencia mecánica absoluta para los saltos SMR-SJ; SMR-CMJ y SMR y ABK del sexo Femenino

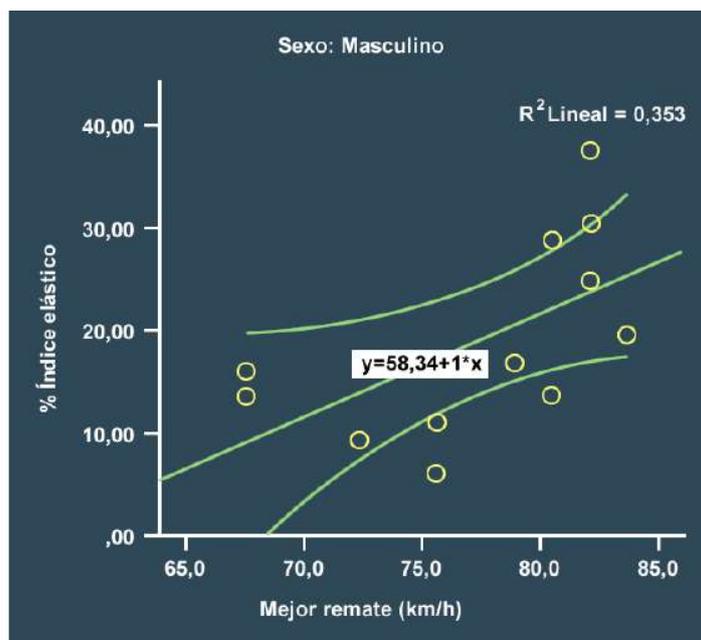


Figura 7. Dispersión, zona de confianza para la media y ajuste lineal de la relación entre ABK y la máxima velocidad del balón después del remate para el sexo masculino

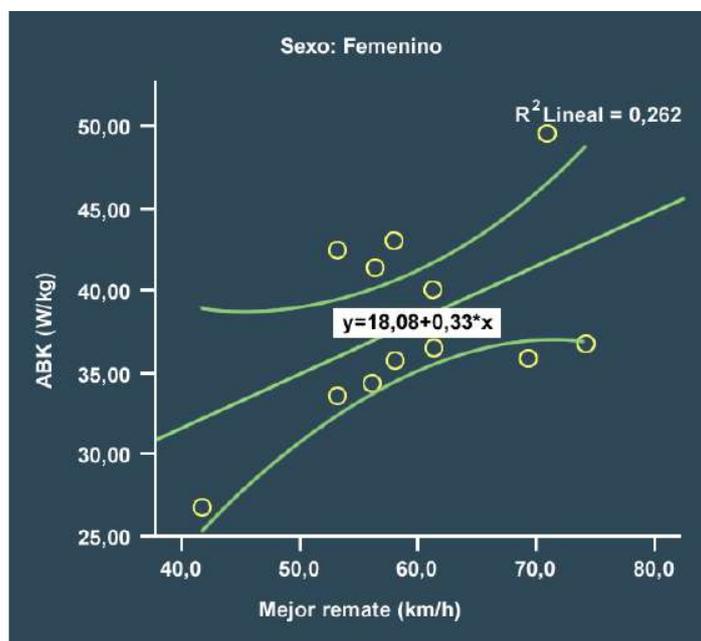


Figura 8. Dispersión, zona de confianza para la media y ajuste lineal de la relación entre ABK y la máxima velocidad del balón después del remate para el sexo femenino

## Discusión

Al evaluar el remate se consideran distintos factores que pueden afectar su efectividad, los cuales pueden ser: a) altura del golpeo, b) trayectoria del balón y c) velocidad del balón después del golpeo (Valadés, Palao, Femia, Radial, & Ureña, 2007a) y b. Se razona que una mejor altura de salto permitirá una óptima altura de golpeo; por su parte obtener una mejor velocidad del balón después del golpeo se reduce el tiempo de reacción de la defensa contraria para recibir el remate y evitar la anotación. Ahora bien, la ubicación del remate vendría a ser, posiblemente, más dependiente del nivel de habilidad técnica y la rapidez del pensamiento táctico del rematador.

En lo que respecta al potencial del salto, se evidencia como en el Voleibol es importante que el jugador produzca altos niveles de potencia mecánica en el salto, ya que la altura de salto es un criterio importante en el rendimiento del Voleibol (Wagner *et al.*, 2009) lo cual posiblemente genere mayor efectividad en el ataque e incremente el porcentaje de puntos a favor, igualmente una adecuada potencia de salto podría favorecer a la defensa mediante el bloqueo. En el presente estudio, tal como han reportado otros autores (Wagner *et al.*, 2009) se ha evidenciado un incremento en la altura de los saltos verticales desde el SJ, al CMJ, el ABK, además de estar relacionados con el salto del remate (Riggs & Sheppard, 2014; Sheppard *et al.*, 2008).

Ya que en el presente trabajo se hallaron correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ) entre la potencia absoluta del SMR y la potencia absoluta de SJ, CMJ y ABK para el sexo femenino y con SJ y CMJ para el masculino. En este sentido también en la bibliografía se ha descrito cierta relación (según el nivel deportivo, y sexo de los sujetos), entre los valores máximos de los saltos, y el salto de remate (Martinez, 2017).

Estos hallazgos resultan de interés para los entrenadores en el campo, al momento de determinar qué aspectos priorizar en los trabajos de preparación física, para mejorar el salto del remate. Así, según sea la diferencia entre los saltos, puede suponerse que, por ejemplo, de presentarse una escasa diferencia entre la máxima altura alcanzada en el SJ y el CMJ, debería priorizarse el desarrollo de la capacidad reactiva neuro-muscular. Si los valores entre el CMJ y el ABK fueran similares, se debería enfatizar el aspecto coordinativo de la acción sinérgica del balanceo de los miembros superiores al saltar; y de existir poca diferencia entre el ABK y el mejor salto del remate eficaz, el foco del trabajo debería orientarse más al aspecto técnico de todo el gesto (carrera previa, salto, y golpe del balón).

En este sentido, como referencia, en el presente trabajo, la relación porcentual media de la altura de los diferentes saltos ha sido la siguiente: entre el SJ y el CMJ 14,9%, del CMJ al ABK 22,6%, y entre el ABK y el SMR 12,5%, mientras que al SPR 17,0%. Se destaca que ha sido

mayor la altura en el SPR que en el SMR.

Por su parte, en la velocidad del balón en el remate, se observó que el desvío estándar del mejor remate del grupo masculino es inferior que el grupo femenino, lo que puede reflejar una mayor heterogeneidad en los niveles de fuerza de las mujeres. Por otro lado, en ambos grupos, la velocidad es claramente mayor cuando la altura del salto del remate no es la máxima, dado que el SPR es mayor que el SMR, lo que hace suponer la presencia de algún tipo de interferencia entre el esfuerzo necesario para elevarse a la altura máxima y la complejidad coordinativa de propulsar a mayor velocidad el balón en forma efectiva. Vale destacar que este particular, durante la revisión documental, no se reflejó reportado en la literatura, representando un tema relevante para seguir profundizando.

En cuanto a los saltos generales, se hallaron evidencias de relación directa y significativa ( $p < 0,05$ ) entre la potencia absoluta del salto ABK y VMR en el grupo femenino y entre el índice elástico y VMR para el sexo masculino. Ante la demostración y el análisis de que la mejor altura alcanzada durante el remate no se relaciona con la máxima velocidad del balón, pero sí el índice elástico (para ♂) y la potencia absoluta del ABK (para ♀) determinando para la velocidad del balón en un 35,3% y 26,2% respectivamente, se puede considerar lo reportado en la literatura (Wagner *et al.*, 2009) donde se sugiere que los saltos estandarizados (SJ, CMJ) se relacionan con el salto durante el remate y que las altas velocidades angulares del hombro junto a la velocidad horizontal del centro de masa, pueden ser utilizados para alcanzar mayores alturas durante el remate (Wagner *et al.*, 2009).

Por lo tanto, se puede concluir que la velocidad del balón después del remate además de estar condicionada por factores coordinativos asociados a la secuencia del salto existe evidencia de estar relacionada y probablemente condicionada por la potencia mecánica absoluta producida en el salto ABK y del aprovechamiento de la energía elástica, que requiere de condiciones específicas para su manifestación, siendo altamente entrenable, igualmente puede considerarse que existe mejor desarrollo de la misma en el grupo masculino evaluado. Ante el análisis, surge la recomendación que para la población en estudio está presente la alta probabilidad de mejorar la VMB después del remate, con un adecuado entrenamiento de potencia al considerar el factor coordinativo implícito en el salto ABK y la producción de energía elástica.

## Agradecimientos

A la selección juvenil del estado barinas y la asociación de voleibol del estado.

## Conflictos de intereses

No se declara ningún conflicto.

## Referencias

- Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Da Silva, J. A. (2010). Analysis of the setter's tactical action in high-performance women's volleyball. *Kinesiology*, 42(1), 82–89.
- Aullana, J. (2015). Aclaración de Términos y Conceptos Utilizados en el Entrenamiento de la Fuerza Explosiva. *Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte*, 14(2), 1–29. Recuperado de [https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/4781/Kronos\\_2015\\_2\\_5.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/4781/Kronos_2015_2_5.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bermejo, J., Palao, J. M., & Valadés, D. (2013). Análisis del remate de voleibol en jugadoras de élite [Analysis of volleyball spike in female elite players]. *AGON International Journal of Sport Sciences*, 3(1), 22–32.
- De Conti Teixeira Costa, G., De Oliveira Castro, H., Freire, A. B., Evangelista, B. F., Pedrosa, G. F., Ugrinowitsch, H., & Praça, G. M. (2018). High level of Brazilian men's volleyball: Characterization and difference of predictive factors of back row attack. *Motricidade*, 14(1), 58–65. <https://doi.org/10.6063/motricidade.12221>
- FIVB. Reglas oficiales de voleibol 2017-2020, Fivb § (2016).
- Grgantov, Z., Milić, M., & Katić, R. (2013). Identification of explosive power factors as predictors of player quality in young female volleyball players. *Collegium antropologicum*, 37 Suppl 2, 61–68. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23914490>
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., Rosenstein, R. M., & Kraemer, W. J. (1991). Estimation of human power output from vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/00124278-199108000-00002>
- Hertogh, C., & Hue, O. (2002). Jump evaluation of elite volleyball players using two methods : Jump power equations and force platform. *Sports Medicine*, 42, 300–303.
- Lara-Sánchez, A. J., Vicén, J. A., Alegre-Durán, L. M., Linares, L. J., & Jódar, X. A. (2005). Medición directa de la potencia con tests de salto en voleibol femenino. *Archivos de Medicina del Deporte*, 22(106), 111–120.
- Lara, A., Abián, J., Alegre, L. M., Jiménez, L., & Aguado, X. (2019). *Assessment of Power Output in Jump Tests for Applicants To a*.
- Martinez, D. B. (2017). Consideration for Power and Capacity in Volleyball Vertical Jump

Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 39(4), 36–48. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000297>

Morin, J.-B., Jiménez-Reyes, P., Brughelli, · Matt, & Samozino, P. (2019). When Jump Height is not a Good Indicator of Lower Limb Maximal Power Output: Theoretical Demonstration, Experimental Evidence and Practical Solutions. *Sports Medicine*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01073-1>

Riggs, M. P., & Sheppard, J. M. (2014). The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4. <https://doi.org/10.4100/jhse>

Rowntree, D. (1984). Introducción a la estadística: un enfoque no matemático. Recuperado de <http://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/03/06a.AnálisisDeCorrelaciones.pdf>

Sahin, H. M. (2014). Relationships between acceleration , agility , and jumping ability in female volleyball players. *European Journal of Experimental Biology*, 4(1), 303–308. Recuperado de <http://pelagiaresearchlibrary.com/european-journal-of-experimental-biology/vol4-iss1/EJEB-2014-4-1-303-308.pdf>

Sheppard, J. m., Cronin, J. b., Gabbett, T. j., Mcguigan, M. r., Etxebarria, N., & Newton, R. (2008). Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Res*, 22(3), 758–765.

Stewart A, Marfell-Jones M, O. T. (2011). *Normas Internacionales para la Valoración Antropométrica. Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría.*

Struzik, A., & Zawadzki, J. (2019). Estimation of potential elastic energy during the countermovement phase of a vertical jump based on the force-displacement curve. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(1), 1–11. <https://doi.org/10.5277/ABB-01316-2019-01>

Valadés, D., Palao, J. M., Aúnsolo, Á., & Ureña, A. (2016). Correlation between ball speed of the spike and the strength condition of a professional women’s volleyball team during the season. *Kinesiology*, 48(1), 87–94. <https://doi.org/10.26582/k.48.1.7>

Valadés, D., Palao, J. M., & Bermejo, J. (2013). Factores mejorables con el entrenamiento asociados a la efectividad mecánica del remate de voleibol [Trainable factors related to mechanical effectiveness in volleyball spike]. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 27(1), 3–12.

Valadés, D., Palao, J. M., Femia, P., Radial, P., & Ureña, A. (2007a). Validez y fiabilidad del radar para el control de la velocidad del remate en voleibol. (Validity and reliability of radar to spike speed control in volleyball). *Cultura\_Ciencia\_Deporte*, 2(6), 131–138. <https://doi.org/10.12800/ccd.v2i6.185>

Valadés, D., Palao, J. M., Femia, P., Radial, P., & Ureña, A. (2007b). Validity and reliability of radar to spike speed control in volleyball. *Cultura, Ciencia y Deporte* *Ciencia\_Deporte*, 2(6), 131–138. <https://doi.org/10.12800/ccd.v2i6.185>

- Wagner, H., Tilp, M., Von Duvillard, S. P. V., & Mueller, E. (2009). Kinematic analysis of volleyball spike jump. *International Journal of Sports Medicine*, 30(10), 760–765. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1224177>
- Winter, E. M., Abt, G., Brookes, F. B. C., Challis, J. H., Fowler, N. E., Knudson, D. V., ... Yeadon, M. (2016). Misuse of “Power” and Other Mechanical Terms in Sport and Exercise Science Research. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 292–300.