



Ciencia y Deporte

Volumen 8 número 3; 2023





La velocidad de salida del swing, en jugadoras del equipo de béisbol de Holguín

[Post-Impact Bat Speed in Holguin Baseball Team]

[A velocidade de saída do swing, em jogadoras do time de beisebol Holguín]

Rafael M. Ávila Ávila^{1*} , Francisco Freyre Vázquez² , Luis Wilson William³ 

¹Universidad de Holguín. Facultad de Informática Matemática, Holguín, Cuba.

²Universidad de Holguín. Facultad de Cultura Física. Holguín, Cuba.

³Centro Provincial de Medicina del Deporte. Holguín, Cuba.

*Autor para la correspondencia: freyrev@uho.edu.cu

Recibido:04/04/2023

Aceptado:24/05/2023

RESUMEN

Introducción: la velocidad de salida es considerada una de las métricas más importantes. Esta no ha sido estudiada en el béisbol femenino cubano. A partir del entrenamiento de las beisbolistas de primera categoría del equipo de Holguín para participar en el Torneo Zonal Oriental 2021, se ha investigado la referida métrica.

Objetivo: determinar la relación entre la potencia del swing y la velocidad de salida, así como entre estas y el average ofensivo resultado de topes de confrontación.



Materiales y métodos: las mediciones de la velocidad y el tiempo de ejecución del swing se realizaron con ayuda de un soporte de bateo y una pistola Sony.

Resultados: a partir de dos modelos físico-matemáticos simples, se dedujeron expresiones para la trayectoria de la pelota bateada y la potencia del swing, y a la vez, se diseñó un conjunto de ejercicios con pesos para incrementar la fuerza explosiva.

Conclusiones: los métodos de regresión y de correlación permitieron inferir la adecuación de una relación funcional lineal y la existencia de una correlación positiva entre la potencia y la velocidad de salida y una correlación lineal más fuerte del mismo signo entre el average y la velocidad de salida y el average y la potencia del swing, una vez aplicado el conjunto de ejercicios.

Palabras clave. Béisbol, velocidad de salida, potencia del swing, correlación y regresión.

ABSTRACT

Introduction: Post-impact ball speed is one of the most important metrics in baseball; however, in Cuba, the women's baseball has not conducted studies in this area. In the training of the first-category women baseball players in Holguin, for the Eastern Tournament, 2021, this issue was examined.

Aim: To determine the relation between swing power and post-impact speed and between them and the batting average recorded in training matches.

Materials and methods: Speed measurements and swing time were performed using a batting tee and a Sony speed gun.

Results: Two simple physical-mathematical models were used to estimate the trajectory of the ball hit and swing power, and a set of weight exercises was designed to increase explosive strength.

Conclusions: The regression and correlation methods permitted the estimation of the adjustment of a functional-linear ratio, the existence of a positive correlation between swing power and exit speed, and a much stronger linear correlation of the same sign between the batting average and the exit speed and batting average, and swing power, following the implementation of the exercise set.



Keywords: Baseball, post-impact ball speed, swing power, correlation, and regression

RESUMO

Introdução: a velocidade de saída é considerada uma das métricas mais importantes. Isso não foi estudado no beisebol feminino cubano. A partir do treinamento dos jogadores de beisebol de primeira classe da equipe de Holguín para participar do Torneio da Zona Leste de 2021, a métrica mencionada foi investigada.

Objetivo: determinar a relação entre a potência do swing e a velocidade de saída, bem como entre estas e a média ofensiva resultante das paradas de confronto.

Materiais e Métodos: As medições da velocidade do swing e do tempo de execução foram feitas com o auxílio de um bastidor e uma pistola Sony.

Resultados: A partir de dois modelos físico-matemáticos simples, foram deduzidas expressões para a trajetória da bola rebatida e a potência do swing e, ao mesmo tempo, foi projetado um conjunto de exercícios com pesos para aumentar a força explosiva.

Conclusões: os métodos de regressão e correlação permitiram inferir a adequação de uma relação funcional linear e a existência de uma correlação positiva entre potência e velocidade inicial e uma correlação linear mais forte de mesmo sinal entre média e velocidade inicial e média e potência do balanço, uma vez aplicado o conjunto de exercícios.

Palavras chave. Basebol, velocidade de saída, potência do swing, correlação e regressão.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ciencia y la tecnología, hace más necesario la aplicación al deporte de las contribuciones de diversas disciplinas como la Biomecánica, la Física y la Matemática, entre otras ciencias. El perfeccionamiento de la técnica mediante entrenamientos científicamente planificados constituyó uno de los elementos más importantes para lograr beisbolistas de alto nivel en el sexo femenino. Es por ello que, junto a la experticia de los entrenadores, resultó imprescindible incorporar los aportes de las ciencias



referidas, integradas a las concepciones más avanzadas de la teoría del entrenamiento deportivo.

En el béisbol, se identifican cuatro destrezas básicas para el desarrollo del juego: fildear, lanzar, correr y batear. La propia dinámica del juego requiere determinadas condiciones tanto a la defensiva como a la ofensiva. Ello implica la existencia de diferencias en las posiciones que ocupan las beisbolistas en el campo. Los fundamentos de lanzar y batear una pelota de béisbol son gestos técnicos de suma importancia en la dinámica del juego, por lo que determinar los factores que influyen sobre ellos, es una tarea de cardinal importancia, facilitada en muchos casos, por la aplicación consecuente de los principios físico-matemáticos.

El bateo es una de las acciones que más puede aportar a los resultados deportivos en el béisbol, mientras que su técnica constituye el elemento de mayor dificultad. En virtud de estas razones, la evaluación de su práctica sistemática se convierte en una parte importante en la preparación de las beisbolistas Reynaldo, (1998 y 2018). En general, la acción de batear necesita de la coordinación de los esfuerzos musculares en aras de proporcionar mayor velocidad al implemento, lo que se traduce en la posibilidad de imprimirle más velocidad a la pelota en la conexión.

Se han reportado importantes resultados asociados al desarrollo de habilidades durante tales prácticas, que propician la conversión de la fuerza general del deportista en fuerza especial aplicada al bate De León (2006). Ello puede favorecer conexiones potentes, con velocidades de salida (V_s) más altas una vez que la técnica de ejecución del bateo sea bien lograda, por cuanto, los incrementos de los resultados del mismo dependen en gran medida del potencial motriz del atleta Verkhoshansky (2002).

Esto constituye un corolario directo del hecho asociado a que tanto la mecánica del bateo como la vinculada al desarrollo de la fuerza, se pueden mejorar. En consecuencia, una tarea primordial reside en la búsqueda de vías tanto para los incrementos continuos de la capacidad de fuerza como para el monitoreo de su progreso mediante el establecimiento de métricas adecuadas durante los entrenamientos deportivos.



El análisis de la velocidad de salida Statcast (2020), a pesar de constituir uno de los procedimientos indirectos para la evaluación de la fortaleza en el bateo, no se ha tenido en cuenta en el ámbito de las investigaciones relacionadas con el béisbol femenino en Cuba. Según Bailey *et al.* (2018), los progresos recientes en las estadísticas del béisbol profesional indican un sistemático empleo de tal variable. Por otra parte, el estudio del vínculo de esta con la velocidad del swing y su potencia ha adolecido en el contexto de las investigaciones cubanas, de tratamientos cuantitativos considerando los modelos físico-matemáticos que se han establecido como parte de rigurosos estudios desarrollados por varios investigadores como es el caso de Adair (2002).

La velocidad de salida del swing (V_s) se define como aquella que es adquirida por la pelota inmediatamente después que el bate hace contacto con ella. Su magnitud representa una de las métricas de bateo que más se tienen en cuenta, al considerarse una medida indirecta de la energía mecánica que un jugador/a es capaz de transferir a la pelota, mediante el bate. En el argot beisbolero, se usa el término "velocidad de salida como medida de la fuerza al bate o la fortaleza del bateo".

Este, si bien no es del todo correcto desde el punto de vista físico al expresar una velocidad como medida de una fuerza, se justifica porque el acto de batear implica acciones que involucran magnitudes dinámicas como la fuerza y el torque involucradas en la realización de un trabajo mecánico, y, por ende, en relaciones energéticas, con lo que de cierta forma se salva la terminología.

Uno de los modelos asumidos en el análisis, corresponde al de la partícula: cuerpo con cierta masa como la pelota, cuyas dimensiones (diámetro o radio) se pueden despreciar en una primera aproximación. Dicho cuerpo es proyectado al batear, formando cierto ángulo con la dirección horizontal y se mueve a baja altura. Las expresiones matemáticas usadas son el resultado de la integración del sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias para describir el movimiento referido Bahill (2018).

Para el movimiento en un plano, caso que se trata, se imponen las siguientes condiciones iniciales Ecuación 1:



$$X(t=0) = x_0 = 0, y(t=0) = y_0; v_x(t=0) = v_0 \cos\alpha; v_y(t=0) = v_0 \sin\alpha \quad (1)$$

Las soluciones del sistema referido son las ecuaciones paramétricas de la trayectoria dadas por las siguientes expresiones Ecuación 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} X(t) = V_0 \cos\alpha \quad (1a) \\ Y(t) = y_0 + V_0 \sin\alpha t - gt^2/2 \quad (b) \end{array} \right. \quad (2)$$

Donde: g : valor de la aceleración de la gravedad; α : ángulo formado entre la dirección horizontal y la de salida de la pelota.

La velocidad de salida depende además de la velocidad del pitcher en situaciones reales, el punto en el cual el bate golpea a la pelota, la dureza de esta, así como de la masa, la dureza y la velocidad del bate, entre otros Slinkar (2020). Esta última constituye otra magnitud de capital importancia a la que debe prestarse la máxima atención por cuanto se relaciona con el swing y su fortaleza, y, por ende, con la fuerza del bateador/a y su habilidad para imprimir al bate un gran torque y gran velocidad y aceleración angulares, todo lo cual se traducirá en el valor de la velocidad de salida.

Las expresiones para los cálculos de las aceleraciones lineales y angulares del bate, así como la potencia en el bateo se deducen a partir de una modelación más complicada. Los supuestos básicos asumidos son los siguientes: tanto el bate como el atleta son cuerpos por lo que sus dimensiones no son despreciables.

En tales circunstancias, el modelo adoptado para el swing considera una rotación pura del sistema cuerpo-bate alrededor de un eje imaginario dispuesto en la dirección vertical a lo largo del bateador. Koenig, Hanningan y Clutter (2004).

Tal modelo, a pesar de ser simplista, permitió considerar elementos importantes que intervienen en el swing, así como realizar algunas estimaciones preliminares. La aceleración del sistema bate-cuerpo es debida al torque resultante del que le aplica el



bateador (T) y el que se opone debido al arrastre aerodinámico (T_{AED}). La aplicación de la ley de conservación del momento angular permite plantear Ecuación 3:

$$I \, d\omega/dt = T - T_{AED} = T - Kd\omega^2 \quad (3)$$

Donde:

$\omega = d\theta/dt$: velocidad angular; α : ángulo descrito durante el movimiento del sistema.
Kd: parámetro aerodinámico que depende de la densidad del aire, del coeficiente de arrastre y del diámetro y la longitud del sistema brazo-bate, principales elementos sujetos al arrastre aerodinámico.

$I = I_B + I_{bate}$: momento de inercia total del sistema dado por la suma del momento de inercia del bate (I_{bate}) y el momento de inercia del bateador (I_B).

Aplicando el teorema trabajo-energía para el caso de la rotación, se deduce que Ecuación 4:

$$(T - T_{AED}) \Delta\theta = 0.51 (\omega^2 - \omega_0^2) \quad (3)$$

Considerando la velocidad angular inicial del sistema $\omega_0 = 0$ y que la potencia es el cociente del trabajo realizado y el tiempo durante el cual actúa el torque, se obtiene la siguiente expresión Ecuación 5:

$$P = \frac{0.51 + Kd \Delta\theta \omega^2}{\Delta t} \quad (4)$$

De acuerdo con (5), la potencia depende del momento de inercia total del sistema cuerpo-bate (I) del tiempo de ejecución del swing (Δt) y del cuadrado de la velocidad angular final.

A partir de la importancia del bateo y la problemática que representa la identificación de métricas en el ámbito del béisbol femenino cubano, que permitan evaluar el comportamiento de esta destreza durante el entrenamiento, se declara como objetivo determinar la relación entre la potencia del swing y la velocidad de salida, así como entre estas y el average ofensivo de las jugadoras.



MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó un protocolo de ejercicios de fuerza explosiva a las beisbolistas que conformaron el equipo femenino de Holguín con vistas a su participación en el Campeonato Nacional. Se realizó un muestreo de tipo no probabilístico, en el que la población y la muestra fueron coincidentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se seleccionaron dos sesiones de prácticas de bateo: una en el inicio y la otra al final de la etapa especial (EE o EPE). En ambas, se realizaron las mediciones de la velocidad de la bola bateada y el tiempo de ejecución del swing. Se instruyó brevemente a las beisbolistas en la ejecución de la acción de bateo, de acuerdo a la fase inicial, de concentración de la fuerza, de comienzo del swing, de momento, de contacto y la final, así como en la observancia de sus requisitos.

Una vez finalizada la primera práctica y teniendo en cuenta las debilidades observadas, se diseñó y aplicó un grupo de ejercicios de fuerza para el cinturón superior en aras de incrementar la fuerza explosiva en las beisbolistas. La EPE constó de tres mesociclos: el básico desarrollador, el de choque intensivo y el básico estabilizador; el primero y el tercero con cuatro microciclos mientras que el segundo con cinco.

Las mediciones de las velocidades (de salida) así como los tiempos de ejecución del swing, se efectuaron en el terreno número dos del estadio Mayor General Calixto García, con ayuda de una pistola radar marca Sony, en su nivel vertical. Los datos fueron procesados con una computadora Toshiba R950. Se empleó un protocolo estandarizado en el que cada beisbolista hizo uso del mismo bate para ejecutar tres batazos desde un soporte (battingtee) hacia una red, en cada uno de los cuales se midieron las variables referidas.



Se calcularon los valores promedios de las velocidades y de los tiempos de ejecución del swing, así como la velocidad angular y la potencia de los batazos. Los valores de las últimas dos magnitudes que se obtuvieron a partir de la relación cinemática que involucro la razón de cambio del ángulo descrito y el tiempo, así como mediante el empleo de la fórmula (5), respectivamente. Los datos fueron adoptados directamente de Koenig, Hanningan y Clutter (2004):

$Kd = 0.0078 \text{ N.m.s}^2$; $\theta = 135^\circ \approx 2.36 \text{ rad}$; $Ib = 0.311 \text{ kg.m}^2$. El momento de inercia del bate empleado se aproximó a $I_{bate} = 0.468 \text{ kg.m}^2$ a según los estándares de la Asociación Atlética Colegial Nacional (2006).

Los gráficos de las trayectorias consideraron distintos ángulos de inclinación y velocidades de salida; se construyeron a partir de la ecuación general cartesiana de la trayectoria deducida de las ecuaciones paramétrica (1a) y (1b), mediante la exclusión del parámetro tiempo.

La potencia del swing y la velocidad de salida fueron sometidas a un análisis de asociación en sus dos aspectos: la correlación para determinar su grado de relación y la regresión para explorar el carácter de la relación funcional. El average y la velocidad de salida fueron analizadas similarmente, teniendo en cuenta los rendimientos obtenidos en los diferentes topes de confrontación desarrollados en la etapa especial (EE). Para tales fines se consideraron sólo las nueve beisbolistas que reportaron oficialmente veces al bate.

A partir del modelo asumido para el movimiento de la pelota a baja altura, se verificaron las expresiones analíticas que describen las trayectorias de la misma, así como sus representaciones gráficas en dos casos: para distintos ángulos de salida con un mismo valor de la velocidad y para diferentes velocidades y un mismo ángulo de salida.

En el primero, se verificó el resultado bastante conocido asociado al aumento del alcance de la pelota con el incremento del ángulo de inclinación, para valores de este por debajo del correspondiente al ángulo crítico. En el segundo caso, el resultado evidencio el hecho



de que dicho alcance aumenta si aumenta la velocidad inicial o de salida, bajo la constancia del ángulo de inclinación.

Un importante resultado fue el diseño de un conjunto de ejercicios con pesos agrupados por grupos musculares (GM) en las siguientes categorías: GM brazos, GM piernas, GM tronco-espalda. Dicho conjunto constó de ejercicios básicos y auxiliares para los diferentes (GM), así como ejercicios auxiliares combinados. Estos últimos propiciaron simultáneamente el desarrollo de la fuerza explosiva de piernas y brazos, así como el fortalecimiento de los (GM) involucrados, incluidos los de la espalda.

Los ejercicios para la preparación de la fuerza explosiva y sus variantes se realizaron con los respectivos procedimientos metodológicos para su realización. Todo ellos propiciarían el desarrollo de los grupos musculares y el incremento de la fuerza explosiva en consecuencia, la capacidad de imprimir un movimiento al sistema cuerpo-bate de forma tal que se ejecute en el menor tiempo posible durante la acción de batear.

Otro conjunto de resultados se asoció a la aplicación del modelo del sólido rígido al sistema cuerpo-bate considerando el arrastre aerodinámico y el teorema trabajo-energía. Se dedujo una expresión para la estimación de la potencia de bateo. La misma fue calculada para cada beisbolista en particular, antes y después de la aplicación de los ejercicios, obteniéndose un incremento de sus valores.

Análogamente, se obtuvo un aumento de la velocidad de salida después de aplicar el conjunto de ejercicios de fuerza diseñados, así como un aceptable grado de correlación entre el average de las beisbolistas en la etapa especial y las velocidades de salida, medidas al final de la preparación especial (EPE).

La figura 1 representa las trayectorias descritas por la pelota una vez que sale del bate con diferentes ángulos y determinadas según las soluciones 1(a) y 1(b) del modelo asumido.



La velocidad de salida inicial se consideró constante y se ha adoptado el correspondiente al valor máximo de los promedios calculados a partir de los valores medidos para cada beisbolista. Aparejado al valor expresado en metros por segundo (m/s), también se ofreció el equivalente usual en millas por hora (mph) (Figura 1).

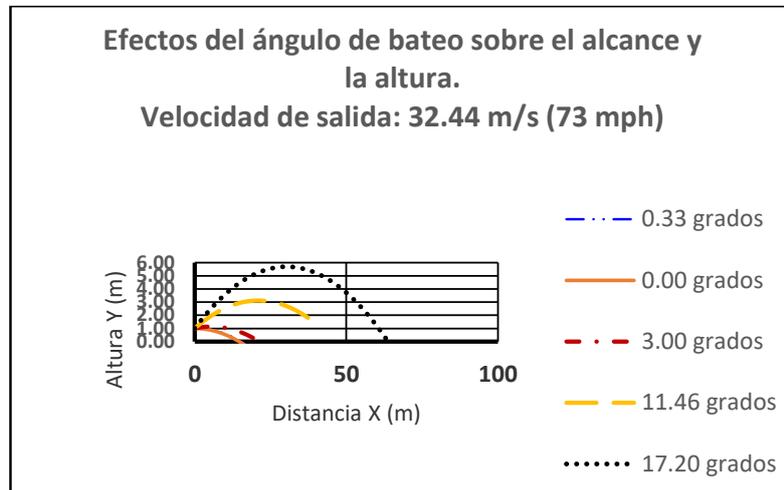


Fig. 1. - Efectos del ángulo de bateo sobre el alcance y altura
Fuente: elaboración propia (2020).

El ángulo de salida se definió como el formado por la dirección horizontal y la dirección de la velocidad adquirida por la pelota una vez que es impactada por el bate. El ángulo de bateo formado por la dirección de la velocidad del bate y la horizontal se considera coincidente con el de salida. El valor de la velocidad inicial coincidente con la velocidad de salida, se asume constante en este caso, mientras que los valores del ángulo no superan los 17.20°.

Tal y como se pudo apreciar, con el incremento en el ángulo de salida, aumenta la distancia recorrida en el eje horizontal (alcance), siempre y cuando los valores angulares sean inferiores al valor para el cual dicha distancia es máxima. También aumentó la altura máxima que alcanzó la pelota. Estos hechos son bien conocidos y coinciden cualitativamente con los reportados por la literatura. Adair (2015): 117, figura 7.3).



A partir del resultado referido es recomendable el desarrollo de la preparación de fuerza para lograr en las beisbolistas una velocidad de salida con un ángulo de bateo mayor, próximo al óptimo, y permita lograr conexiones de largo alcance. En el béisbol masculino, la sugerencia es alcanzar la velocidad de 40 m/s (90mph). Según investigaciones biomecánicas, una pelota que abandona el bate con tal velocidad (144km/h) viaja una distancia cercana a 300 pies (p) (90 m); incluso por cada mph (1.6km/h) adicional, el alcance se incrementa entre 4-6 p (1.2-1.8m) en dependencia del ángulo de salida y la propia velocidad inicial Astraword Press, 2020; Pocket Radar (2020). De ahí la importancia en enfatizar el logro de mayores valores en las prácticas.

De acuerdo a la revisión realizada en el marco de esta investigación, no se han encontrado referencias acerca del valor de la velocidad de salida que debe lograrse en las prácticas del béisbol femenino en Cuba. Los valores promedios máximos de esta magnitud para las beisbolistas del equipo Holguín, están en el rango de [26.96; 32.44] m/s, que expresado en porcentaje resulta el intervalo [65; 81] % del valor recomendado para los hombres. No obstante, los autores consideran que se debe enfatizar para alcanzar los mayores valores, teniendo en cuenta que el fenómeno físico asociado al movimiento de la pelota en el campo gravitatorio terrestre a baja altura, es el mismo. Las diferencias básicas entre estos aspectos residen en las capacidades de preparación de la fuerza y en elementos táctico-técnicos Freyre (2020).

Las variaciones de la altura y el alcance con la velocidad de salida fueron representadas en la figura 2. Entre todos los valores de las velocidades (V_s), fueron seleccionadas cuatro de ellas, para ilustrar mejor las diferencias en alcance y altura. El ángulo de bateo se consideró constante e igual a 17.20 grados mientras que cada curva corresponde a un valor de velocidad (V_s).

Se puede apreciar el incremento del alcance con la velocidad. Dado que la medición de las velocidades de salida se efectuó de acuerdo a lo establecido, malla protectora incluida, el recorrido de la pelota que sale bateada con el ángulo de salida dado, es interferido por dicha malla. En su ausencia, las trayectorias adoptaron el perfil representado de acuerdo al modelo asumido (Figura 2).

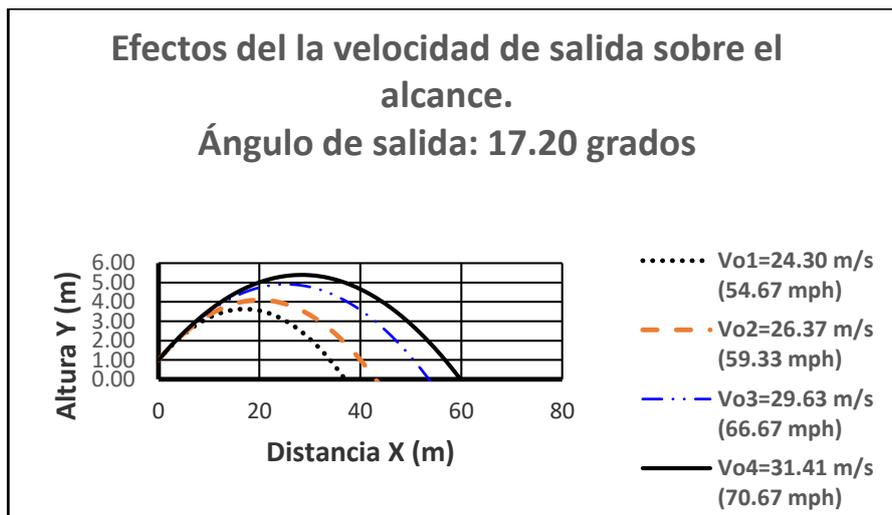


Fig. 2.- Efectos de la velocidad de salida sobre el alcance

Fuente: elaboración propia (2020)

Los gráficos representativos de las trayectorias, fueron similares a los obtenidos por Adair (2015). Las diferencias observadas sólo se atribuyeron a los valores de las velocidades iniciales y los ángulos. Así, en la figura 2 es coincidente con el representado en la figura 2.4 (Adair, 2015: 21) y la figura 7.19. Bahill (2018: 192). R. Adair tuvo en cuenta la rotación de la pelota, el rango de variación de las velocidades está entre 80 y 120mph y el ángulo de inclinación escogido es de 35° mientras que, en el caso de este trabajo, el rango fue [25.19;32.44]m/s o [56.67, 73.00] mph y el ángulo tuvo el valor de 17.20°.

Los efectos de spin (rotación) no se tuvieron en cuenta en ninguno de los casos que se discuten en el marco del presente estudio, aunque estos no tienen una influencia notable en el carácter general del movimiento parabólico, como se infiere de las investigaciones desarrolladas por Adair, (2015): 21,23, figuras 2.4 y 2.6, en el que las pelotas están animadas de un espín o momento angular. Sin embargo, en el marco del softball, deporte similar al béisbol, en el que las pelotas tienen mayores masa y diámetro, el espín si bien no influye en el carácter del movimiento, si incide en el alcance. Según los resultados de Cross (2011): 46, figura 3.4, la pelota viaja mayor distancia si posee una ligera rotación bajo el supuesto de que su velocidad y ángulo iniciales son constantes



Las figuras 3 y 4 representan las curvas obtenidas a partir del análisis de regresión realizado para las variables velocidad de salida y potencia del swing, al inicio y al final de la EPE (Figura 3 y figura 4).

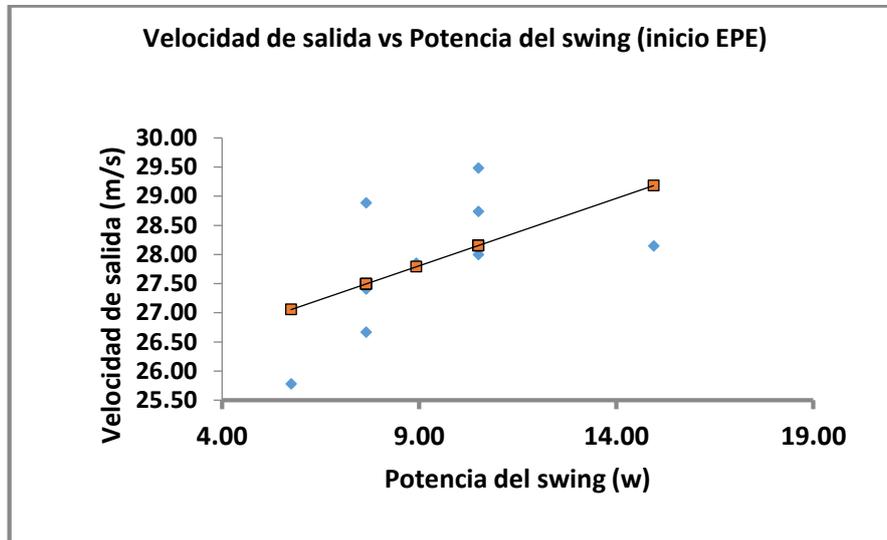


Fig. 3. - Velocidad de salida y potencia del swing (inicio EPE)

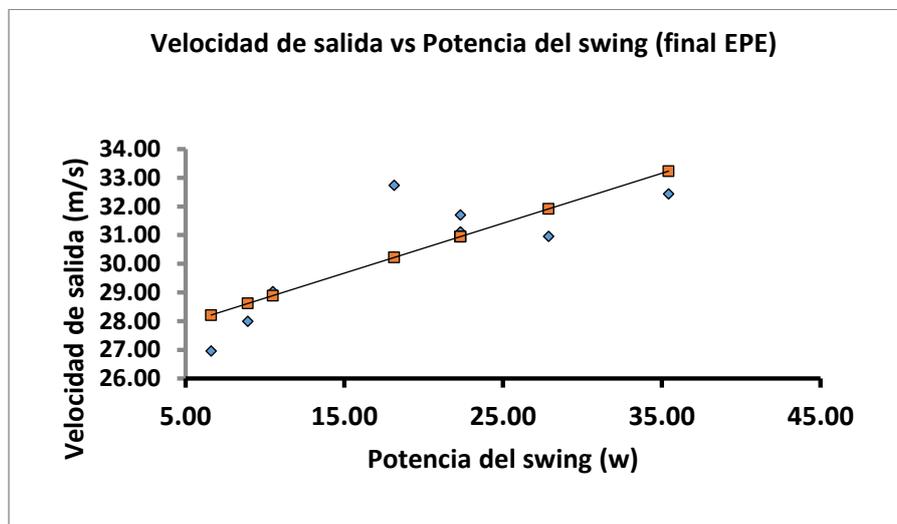


Fig. 4. - Velocidad de salida vs. Potencia del swing (final EPE)

El análisis de los residuos contra los niveles de la variable de regresión, indicaron una adecuación aceptable del modelo para ajustar los datos. A su vez, el análisis de las fuentes de variación indicó que la suma de los cuadrados explicada por la regresión en



la figura 4, es menor que la correspondiente suma en el 5. Por ende, el coeficiente de determinación en este último caso (67 %) es mayor que en el primero (29 %), indicio de un mejor ajuste del modelo lineal en el final de la EPE, al ser mayor la proporción de los datos explicada por dicho modelo Montgomery (2004).

Los valores del coeficiente de correlación de Pearson obtenidos en cada caso son: $R_p = 0.53$ en el inicio de la EPE y $R_p = 0.82$ al final. Tales resultados muestran que las variables si bien exhiben una correlación moderada y positiva en el inicio de la EPE, al final de esta, son fuertes y del mismo signo. Ello puede ser un indicio de que los ejercicios propuestos contribuyen a una mejor preparación de la fuerza explosiva, lo que en el ámbito biomecánico se corresponde con el hecho de que, si la acción de batear se ejecuta en intervalos de tiempos menores, aumenta la potencia del swing. Esto, a su vez, propició que tenga lugar una mayor transferencia de energía al producirse la conexión con la pelota y con ello el aumento de la velocidad de salida de la misma.

Linares Borroto (2011), a partir de un estudio desarrollado con beisbolistas masculinos de categorías menores, reporta un incremento significativo de la fuerza general y de la potencia del swing en las conexiones a partir de un sistema de ejercicios que incluye tests de fuerza parado, acostado y en cuclillas con pesos. Sin embargo, no hace referencia al método de cálculo de la potencia del swing mientras que la velocidad de salida no se tiene en cuenta.

Los resultados para el caso de la regresión entre la velocidad de salida y el average (Ave) y la potencia del swing y al average (Figuras 5 y 6).

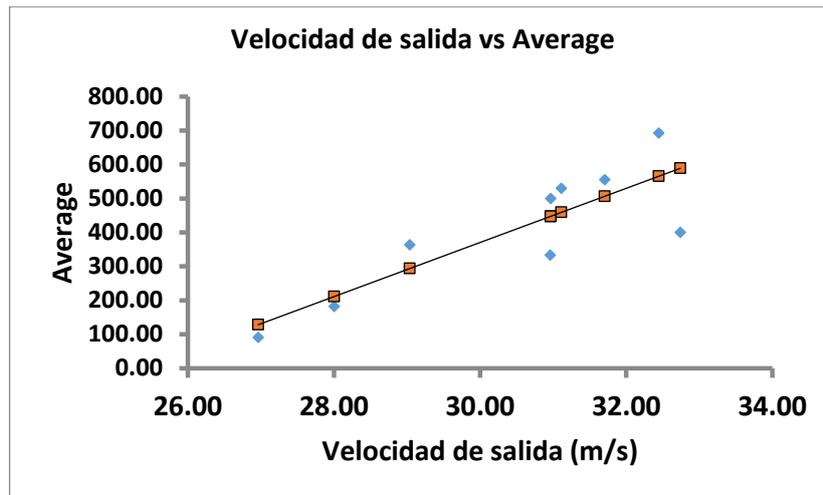


Fig. 5. - Average vs velocidad de salida

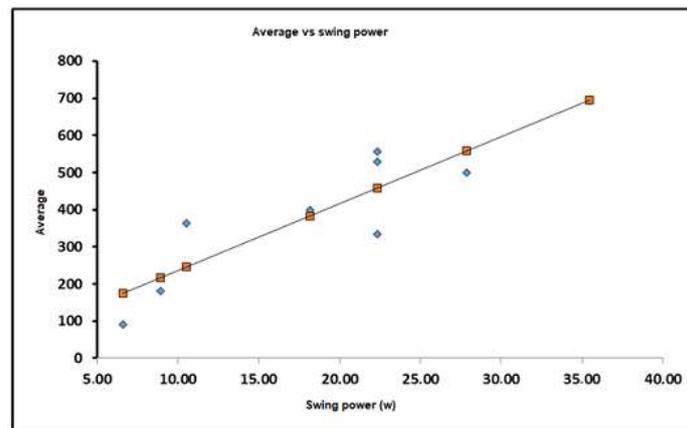


Fig. 6. - Average vs potencia del swing

El análisis de los residuos no revela dificultades serias por lo que el modelo de regresión lineal resulta adecuado para el ajuste de los datos. El valor del coeficiente de determinación en ambos casos resultó alto, si bien para el Ave- P_{swing} es mayor (80 %) que para Ave-Vs (71 %), síntoma de que el ajuste es mejor para Ave- P_{swing} .

El coeficiente de correlación para las variables Ave y Vs resultó $R_p = 0.83$ mientras que para Ave y P_{swing} , $R_p = 0.90$. Sheppard (2017) reporta la existencia de una fuerte correlación entre el promedio al bate y la velocidad de salida, aunque en un plano cualitativo.



CONCLUSIONES

La velocidad de salida constituyó una métrica de bateo que exhibe una correlación fuerte y positiva con el average ofensivo, si bien la potencia del swing muestra una correlación con esta última variable más fuerte y del mismo signo, por lo que representan parámetros de control a tener en cuenta conjuntamente con el fortalecimiento de los grupos musculares que se prepararon a través la fuerza explosiva durante la etapa especial y en función de un mayor rendimiento ofensivo de las beisbolistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adair, R. K. (2002). Spin and the magnus coefficient. The physics of the baseball, 3rd edn. Harper Collins Publishers Inc, New York.
<https://www.worldcat.org/es/title/1014066926>
- AstraWord Press Theme. (2020). BRXPerfomance. 5 Keystoexitvelocity.
<https://brxperformance.com/5-keys-to-exit-velocity/>
- Bahill, T. (2018). The Science of Baseball. Modeling Bat-Ball collisions and the Flight of the Ball. Switzerland: Springer Publishing Company.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-67032-4>
- Bailey, C., Mcinnis, T., Nilson, K., Batcher, J. and Trey, N. (2018). Bat swing ground reaction force characteristics & ball exit velocity in collegiate baseball players. National Strength and Conditioning Association. Indianapolis. Conference: NSCA National Conference, Indianapolis, IN, USA July 11-14, 2018
DOI:10.13140/RG.2.2.22730.26563
https://www.researchgate.net/publication/326557729_Bat_Swing_Ground_Reaction_Force_Characteristics_Ball_Exit_Velocity_in_Collegiate_Baseball_Players



Cross, R. (2011). *Physics of baseball & softball*. Springer Science & Business Media.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-8113-4>

Koenig, K., Mitchell, N. D., Hannigan, T. E., & Clutter, J. K. (2004). The influence of moment of inertia on baseball/ softball bat swing speed. *Sports Engineering*, 7, pp. 105-117. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02915922>

De León Rodríguez, R. P., & Rodríguez, J. L. (2006). El entrenamiento del bateo en el equipo Las Tunas durante las series nacionales XL, XLII y XLIII. *Efdeportes. Revista Digital- Buenos Aires* -11(100).
<https://efdeportes.com/efd100/bateo.htm>

Linares, P. (2011). Sistema de ejercicios para mejorar la aceleración y potencia del swing en los atletas de béisbol de la categoría 15-16 de la EIDE Carlos Leiva González. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires*, 16(160),
<https://www.efdeportes.com/efd160/mejorar-la-potencia-del-swing-de-beisbol.htm>

Montgomery, C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. La Habana: Félix Varela.
https://books.google.com/cu/books/about/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos.html?hl=es&id=TJFoAAAACAAJ&redir_esc=y

National Collegiate Athletic Association Standard For Testing Baseball Bat Performance. (2006). <http://www.ASTM.org>

Reynaldo, F. (1998a). *El bateo, sus técnicas*. Chiriquí. Panamá. Editorial: Impresos Modernos, David.

Reynaldo, F. (2018b). *Del Béisbol Casi Todo*. La Habana. Editorial: Científico-Técnica, La Habana.
https://books.google.com/cu/books/about/Del_b%C3%A9isbol_casi_todo.html?id=rstEzQEACAAJ&redir_esc=y



Verkhoshansky, Y. (2001). Teoría y metodología del entrenamiento deportivo (Vol. 24).

Editorial

Paidotribo.

[https://books.google.com.cu/books/about/Teor%
c3%8da_Y_Metodolog%
c3%8da_Del_Entrenamiento.html?id=rcHpCFKiQUoC&source=kp_book_descripti
on&redir_esc=y](https://books.google.com.cu/books/about/Teor%c3%8da_Y_Metodolog%c3%8da_Del_Entrenamiento.html?id=rcHpCFKiQUoC&source=kp_book_descripti on&redir_esc=y)

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons (CC) 4.0. (CC BY-NC-SA 4.0)

Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Copyright (c) 2023 Rafael M. Ávila Ávila, Francisco Freyre Vázquez, Luis Wilson
William.