

Original Recibido: 19/05/2023 | Aceptado: 22/08/2023

Modelación de la velocidad de salida del swing en el béisbol féminas de Holguín

Modelation of the speed of exit of the swing in the feminine baseball de Holguin

Rafael M. Ávila Ávila. *Profesor Titular. Universidad de Holguín. Facultad de Informática Matemática.*

Cuba. [ravilaa@uho.edu.cu] 

Francisco Freyre Vázquez. *Profesor titular. Preparador físico del béisbol femenino primera categoría de*

Holguín. Universidad de Holguín. Facultad de Cultura Física. Cuba. [ffreyrev@uho.edu.cu] 

Resumen

La velocidad de salida del bate, es considerada una de las métricas más importantes, la misma no ha sido estudiada en el béisbol femenino cubano. A partir del entrenamiento de las bateadoras de primera categoría del equipo Holguín para participar en el Torneo Zonal Oriental 2019. Se investigó la relación entre la potencia del swing y la velocidad de salida, así como entre estas y el average ofensivo resultado de toques de confrontación. 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. 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 diseñaron ejercicios para la preparación de la fuerza explosiva. 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, la velocidad de salida y una correlación lineal más fuerte del mismo signo entre el average, la velocidad de salida y la potencia del swing, una vez aplicado el conjunto de ejercicios.



Palabras clave: Béisbol; velocidad de salida; potencia del swing; modelo físico-matemático; correlación y regresión.

Abstract.

The speed of exit of the bat, more important one of the metric ones, the same one is considered it has not been studied in the Cuban feminine baseball. Starting from the training of the batsmen of first category of the team Holguín to participate in the Oriental Zonal Tournament 2019, the relationship was investigated between the power of the jive and the exit speed, as well as between these and the average offensive result of you collide of confrontation. The mensurations of the speed and the time of execution of the jive were carried out with the help of a support of I bat and a gun Sony. Starting from two simple physical-mathematical models, expressions were deduced for the trajectory of the batted ball and the power of the jive and at the same time a group of exercises was designed with pesos that it increased the explosive force. The regression methods and of correlation they allowed to infer the adaptation of a lineal functional relationship and the existence of a positive correlation among the power, the exit speed and a stronger lineal correlation of the same sign among the average, the exit speed and the power of the jive, once applied the group of exercises.

Keywords: Baseball; exit speed; swing power; physical-mathematical model; correlation and regression.

Introducción

El desarrollo de la ciencia y la tecnología, hace más necesario la aplicación al deporte de los aportes de diversas disciplinas como la Biomecánica, la Física y la Matemática, entre otras. 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 las contribuciones 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, 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 constituyó un corolario directo del hecho asociado a que tanto la mecánica del bateo como la vinculada preparación de la fuerza explosiva, se pueden mejorar. En consecuencia, una tarea primordial



residió en la búsqueda de vías tanto para los incrementos continuos de la fuerza explosiva como para el monitoreo de su progreso mediante el establecimiento de métricas adecuadas durante los entrenamientos.

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 esta variable. Por otra parte, (Adair 2002) el cual señala que 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.

La velocidad referida (V_s) es la 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 como la pelota, cuyas dimensiones se pueden despreciar en una primera aproximación. El mismo 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 caso del movimiento en un plano y las condiciones iniciales $\mathbf{x}(t = 0) = \mathbf{0}, \mathbf{y}(t = 0) = \mathbf{y}_0; \mathbf{v}_x(t = 0) = \mathbf{v}_0 \cos \alpha; \mathbf{v}_y(t = 0) = \mathbf{v}_0 \sin \alpha$, las soluciones son las ecuaciones paramétricas de la trayectoria dadas por las siguientes expresiones:

$$\begin{cases} \mathbf{x}(t) = V_0 \cos \alpha t & (1a) \\ \mathbf{y}(t) = y_0 + V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} & (1b) \end{cases}$$

Donde: g : valor de la aceleración de la gravedad.

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 constituyó 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 bateador son cuerpos por lo que sus dimensiones no son despreciables. Para Koenig, Hanningan y Clutter (2004) en tales circunstancias el modelo adoptado para el swing consideró una rotación pura del sistema cuerpo-bate alrededor de un eje imaginario dispuesto en la dirección vertical a lo largo del bateador.

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:

$$I \frac{d\omega}{dt} = T - T_{AED} = T - K_D \omega^2 \quad (2)$$

Donde: $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$: velocidad angular; θ : ángulo descrito durante el movimiento del sistema.

K_D : 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; suma del momento de inercia del bate y el momento de inercia del bateador (I_B).

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

$$(T - T_{AED})\Delta\theta = 0.5I(\omega^2 - \omega_0^2) \quad (3)$$

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:

$$P = \frac{0.5 I + K_D \Delta\theta}{\Delta t} \omega^2 \quad (4)$$

De acuerdo con (4), 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 de Holguín, que permitan evaluar el comportamiento de esta destreza durante la preparación, el objetivo central de la investigación consistió en: analizar la velocidad de salida y la potencia del swing en las bateadoras del equipo femenino de Holguín, en calidad de métricas que permiten mejorar el rendimiento de estas.

Materiales y métodos



Tabla.1. Equipo de béisbol femenino primera categoría Holguín

o	DJ	Nombres y Apellidos	E dad A ños	P eso K g	T alla c m
	C	Ailen García Cordovi	20	63	64.3
	C	Yumaika Generoso	21	78	65.2
	Z	Yanet Martínez Chacon	30	81	67.1
	D	Kirenia Batista	23	76	74.2
	C	Rosario González González	20	77	68.5
	C	Yusleidi Machin Segreo	28	88	66.5
	C	Iris Reyes Aguiar	21	88	67.3
	C	Daniela Montero Valdés	18	75	70.1
	Z	Lilianys Reyes Mora	19	61	68.6
0	Z	Yanet Carbonell Salina	22	60	64.8
		Marielis Sánchez Lores	11	55	1



1	Z		9	8	67.2
2	C	Leyanet Ramayo Torres	2	5	1
3	Z	Chayira Calvo González	1	5	1
4	C	Hilda Hausa Ramírez	1	7	1
5	C	Claudia Lores	2	7	1
			9	2	70.5
			1	5	77.2

Fuente: elaboración propia (2020).

Se tuvo en cuenta en un muestreo de tipo no probabilístico, en el que la población y la muestra fueron coincidentes.

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 Sony, en su nivel vertical. Los datos recopilados fueron procesados con una computadora Toshiba R950. Se empleó un protocolo estandarizado en el que cada bateadora hizo uso del mismo bate para ejecutar tres batazos desde un soporte (battingtee) hacia un paraban, en cada uno de los cuales se midieron las variables referidas.

Se seleccionaron dos sesiones de prácticas de bateo: una en el inicio y la otra al final de la etapa especial (EPE). Se instruyó brevemente a las bateadoras en la ejecución de la acción de bateo, de acuerdo a la fase inicial, de concentración de la fuerza, el comienzo del swing, el momento, de contacto y el final, así como en la observancia de sus requisitos. (Pérez 2018).

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 (4), respectivamente. Los datos fueron adoptados directamente de Koenig, Hanningan y Clutter (2004): $K_D=0.00748 \text{ N.m.s}^2$; $\theta = 135^\circ \approx 2.36 \text{ rad}$; $I_B=0.311 \text{ kg.m}^2$.

El momento de inercia del bate empleado se aproximó a $I_{\text{bate}}=0.468 \text{ kg.m}^2$, según los estándares de la Asociación Atlética Colegial Nacional (2006).

Los gráficos de las trayectorias consideraron distintos ángulos de inclinación y velocidades de salida, estuvieron confeccionados a partir del piloteo 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 (Mesa 2006; Sánchez y Torres 1986). 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 precompetitiva (EPC). Para tales fines se consideraron sólo las nueve bateadoras que reportaron oficialmente veces al bate.

Análisis y discusión de los resultados

A partir del modelo asumido para el movimiento de la pelota a baja altura, se verifico 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 caso, se verifico 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 evidenció 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 de fuerza agrupados por grupos musculares (GM) a partir de las siguientes categorías: peso máximo (PM) brazos, (PM) piernas, (PM) tronco. Dicho conjunto estuvo compuesto por ejercicios básicos y auxiliares para los diferentes (GM), así como auxiliares combinados. Estos últimos propiciaron simultáneamente un incremento en la fuerza explosiva de piernas y brazos, así como el fortalecimiento de otros (GM), como los de la espalda.

Los grupos de ejercicios para la preparación de la fuerza explosiva estuvieron acompañados por sus respectivos procedimientos metodológicos para su realización. Todos ellos propiciaron el desarrollo de los grupos musculares, así como el incremento de la fuerza explosiva en consecuencia con la capacidad de imprimir un movimiento al sistema cuerpo-bate de forma tal que este fuera ejecutado en el menor tiempo posible en el momento de batear.

Otro conjunto de resultados estuvo asociado 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 bateadora en particular, antes y después de la aplicación del grupo de ejercicios, obteniéndose un incremento de sus valores.

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

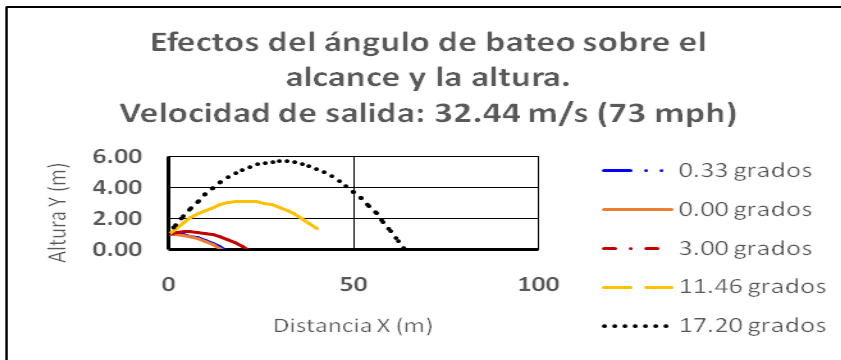
Discusión

El gráfico no.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 bateadora. Aparejado al valor expresado en metros por segundo (m/s), también se ofreció el equivalente usual en millas por hora (mph).

Gráfico no. 1.



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 puede 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 fue recomendable el desarrollo de habilidades para lograr bateadoras donde la velocidad de salida con un ángulo de bateo mayor, próximo al óptimo, 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) (90m); incluso por cada mph (1.6 km/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.

Los valores promedios máximos de esta magnitud para las bateadoras 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 residen en las capacidades de fuerza explosiva y en elementos táctico-técnicos. En condiciones de juego real, se deben considerar también otros elementos como la direccionalidad del bateo y la situación táctica de juego.

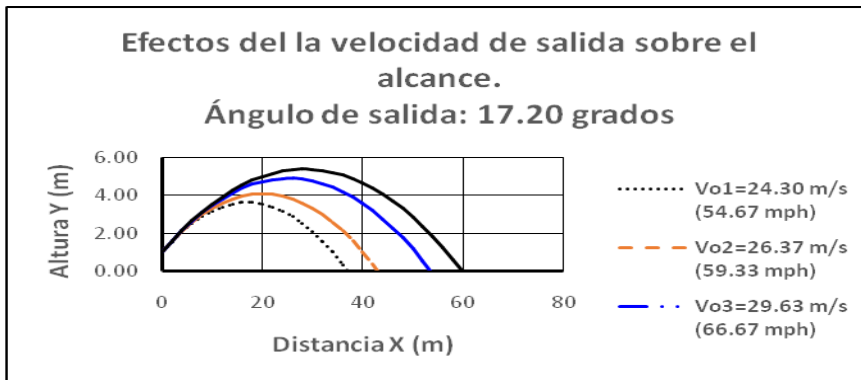
Las variaciones de la altura y el alcance con la velocidad de salida fueron representadas en el gráfico número 2.

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.

Gráfico no. 2.



Fuente: elaboración propia (2020).

Los gráficos representativos de las trayectorias, fueron similares a los obtenidos por Adair (2015). Las diferencias sólo fueron expresadas en los valores de las velocidades iniciales y los ángulos. Así el gráfico no.2 es coincidente con el representado en la figura 2.4 (Adair, 2015 p. 21) y la figura 7.19 (Bahill, 2018 p. 192). 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 ó [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 de este 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, 2.6), en el que las pelotas están animadas de un espín. 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 p. 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.

Los gráficos no. 3 y no. 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.

Gráfico no. 3.

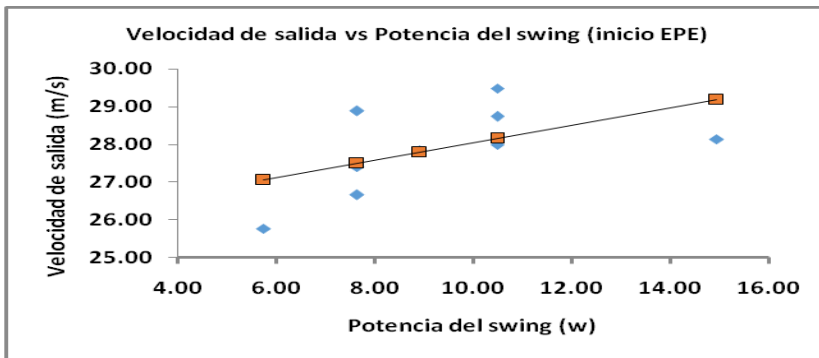
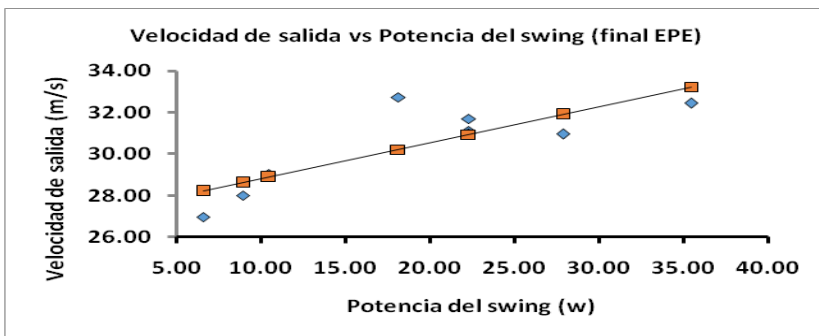


Gráfico no. 4.



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 indicaron que la suma de los cuadrados explicada por la regresión en el gráfico 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 la misma, son fuertes y del mismo signo. Ello puede ser un indicio de que el conjunto de ejercicios propuestos mejora la capacidad de 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 aumente la velocidad de salida de la misma.

Linares (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 se muestran en los gráficos 5 y 6.

Gráfico no. 5.

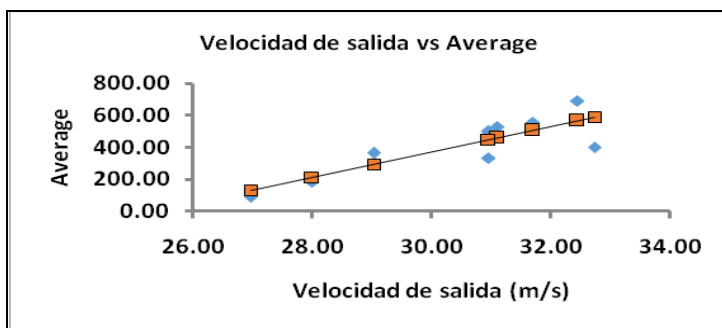
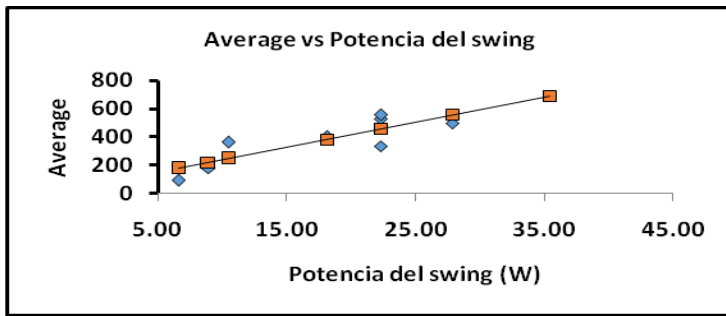


Gráfico no. 6.



El análisis de los resultados 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 $R_p = 0.84$ 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.

La preparación de la fuerza explosiva durante el período de entrenamiento realizado tuvo una incidencia positiva en función de un mayor rendimiento ofensivo en las bateadoras del béisbol femenino.

Referencias bibliográficas

Adair, K. (2002). The Physics of Baseball. New York: Harper Collins Publishers.



- AstraWord Press Theme. (2020). BRX Performance. 5 Keystoexit velocity. Recuperado de: <https://brxperformance.com>
- Bahill, T. (2018). The Science of Baseball. Modeling Bat-Ball collisions and the Flight of the Ball. Switzerland: Springer Publishing Company.
- Bailey, C., Mcinnis, T., Nilson, K., Batcher, J. and Trey North. (2018). Bat swing ground reaction force characteristics & ball exit velocity in collegiate baseball players. National Strength and Conditioning Association. Recuperado de: www.researchgate.net
- Conditioning Association. Indianapolis, July 14-18. Recuperado de: www.researchgate.net
- De León, P. (2006). El entrenamiento del bateo en el equipo Las Tunas durante las series nacionales XL, XLII y XLIII. Recuperado de <http://www.efdeportes.com>
- Chris, C., Mcinnis, T., Nilson, K., Batcher, J. y North, T. (2018). Bat swing ground reaction force characteristics & ball exit velocity in collegiate baseball players. National Strength and Conditioning Association. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com>
- Cross, R. (2011). Physics of baseball & softball. New York. Springer Science+Business Media.
- 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. Recuperado de <http://www.efdeportes.com>
- National Collegiate Athletic Association Standard For Testing Baseball Bat Performance. (2006). Recuperado de <http://www.ASTM.org>
- Mesa, M. (2006). Asesoría estadística en la investigación aplicada al deporte. La Habana: Editorial: José Martí.
- Montgomery, C. (2004). Diseño y análisis de experimentos. La Habana. Editorial: Félix Varela.
- Pérez, M. (2018). El bateo y sus exigencias. La Habana. Editorial: Deportes.



Pocket, T. (2020). Measuring Ball Exit Velocity of the bat. Recuperado de:

<https://www.pocketradar.com>

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

Reynaldo, F. (2018). Del Béisbol Casi Todo. La Habana. Editorial: Científico-Técnica.

Sánchez, R. y Torres, A. (1986). Estadística elemental. La Habana. Editorial: Pueblo y Educación.

Verkhoshansky, Y. (2002). Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo. Barcelona. Editorial: Paidotribo.

Slinkard, C. (2018). Understanding Exit Velocity. Recuperado de:

<https://www.infieldfundamentals.com>

Sheppard, J. (2015). The importance of ball exit speed. Recuperado de:

<https://www.elitediamondperformance.com>

Statcast. (2015). Glossary. MLB.Com. Recuperado de: <http://m.mlb.com/glossary/statcast>

Koenig, K; Hannigan, E. y Clutter, K. (2004). The influence of moment of inertia on baseball/softball bat swing speed. Sports Engineering, Doi: Recuperado de:

<https://10.1007/BF02915922>

