

## Física en los Juegos Olímpicos Rio 2016

Oscar E. Piro

Los juegos proveen excelentes ejemplos de fenómenos descritos por las leyes fundamentales de la Física.

Los movimientos pueden ser registrados apropiadamente (además de por un video o imágenes individuales ‘congeladas’) por una superposición de fotos tomadas a intervalos regulares, como las publicadas por el diario New York Times del 20 de Agosto de 2016.

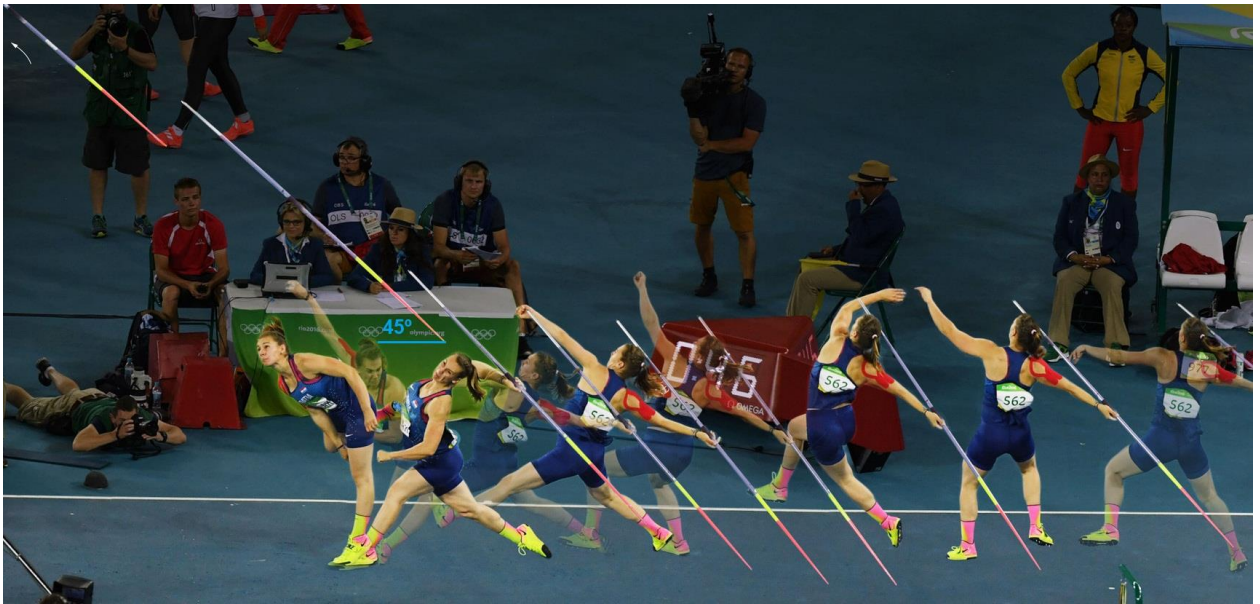
En la primera de las fotos (Figura 1) se muestra el movimiento de un objeto inanimado (una pelota) durante el torneo olímpico de ‘voleibol de playa’, donde participan dos jugadoras por equipo que tratan de colocar la pelota en el campo del rival, fuera del alcance de las jugadoras, o forzar una devolución defectuosa por parte de éstas.



**Figura 1.** Cinemática en el voleibol de playa. ‘Match point’ durante la semifinal ganada por la dupla de la izquierda, integrada por Barbara Seixas y Agatha Bednarczuk (Brasil), a Kerri Walsh-Jennings y April Ross (USA).

En la foto, puede apreciarse que, luego de abandonar la mano de las jugadoras, la pelota se mueve según una superposición de dos movimientos independientes entre sí, uno horizontal con velocidad constante y otro vertical de aceleración (de la gravedad) constante. El resultado son las trayectorias parabólicas indicadas en amarillo. Las primeras dos trayectorias de la izquierda, dentro del campo del equipo brasileiro, corresponden a ‘tiros oblicuos’, la tercera trayectoria, que se origina en este campo y cerca de la red, constituye un remate ofensivo hacia el campo del rival y se trata de un ‘tiro horizontal’. La cuarta trayectoria, ya en el campo del equipo estadounidense, es el inicio de un tiro oblicuo luego que la jugadora falla en controlar el rebote y de esta manera cede un punto al equipo brasileiro.

La siguiente serie de fotografías superpuestas (Figura 2) involucran también el movimiento de un objeto inanimado, y muestran a un lanzamiento de jabalina. Aquí el juego consiste en arrojar la jabalina lo más lejos posible, mediante un tiro oblicuo.



**Figura 2.** Cinemática del lanzamiento de jabalina en su trayectoria de máximo alcance. Se trata de uno de los cuatro lanzamientos de Sara Kolak (Croacia), quien alcanzó una distancia máxima de 66,18 metros. Notar el ángulo de disparo de la jabalina próximo al valor óptimo para mayor alcance de  $45^\circ$  con la horizontal.

La física de dicho lanzamiento muestra que el alcance máximo ocurre cuando el ángulo de lanzamiento es de  $45^\circ$ . Como puede apreciarse en la figura, la atleta trata naturalmente que su ángulo de lanzamiento sea lo más próximo posible a este valor óptimo.

Los próximos casos olímpicos involucran como objeto en movimiento a cuerpos animados (atletas, caballo + jinete). La primera de las pruebas es el ‘triple salto’, cuyo objetivo es cubrir una distancia horizontal lo más grande posible (Figura 3).



**Figura 3.** Salto triple de Christian Taylor (USA) donde alcanzó una distancia de 17,86 m y con el que ganó una medalla de oro.

Como en el caso más visible de los cuerpos inanimados precedentes, puede notarse en la figura que hay un punto del cuerpo del atleta (cuya trayectoria se indica en amarillo) que sigue la misma trayectoria parabólica que si toda la masa del mismo se concentrara en dicho punto. Este punto se llama centro de masa (CM) y, en una posición erguida, está ubicado a la altura del

omblijo y en el interior del cuerpo del atleta. No hay nada que el saltador pueda hacer para alterar su trayectoria mientras se encuentre en el aire. Así, a pesar que el atleta modifica apreciablemente su conformación corporal durante los saltos (especialmente en el tramo final), su CM se mantiene en todo momento sobre la trayectoria parabólica hasta el fin del salto. Esta propiedad física se deriva de una de las leyes fundamentales de la Mecánica estableciendo en este caso que las fuerzas internas que desarrolla el atleta, por obedecer al principio de acción-reacción de Newton, no pueden modificar el movimiento del CM.

Caben aquí algunas consideraciones cuando se compara el triple salto con la prueba previa del lanzamiento de jabalina. ¿Porqué en el primer caso, el saltador no optimiza su ángulo de despegue al valor de  $45^\circ$  que sabemos maximiza su alcance? La respuesta surge de la comparación entre las componentes horizontal y vertical de su velocidad al momento del salto. Normalmente un saltador en largo puede correr horizontalmente con mayor rapidez ( $v_x = 10$  m/seg = 36 Km/h) que la desarrollada verticalmente ( $v_y = 3$  m/seg) en el instante del salto. Dado que la velocidad resultante es la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyo lado vertical es  $v_y$  y el horizontal  $v_x$  resulta, dado que  $v_x > v_y$ , un ángulo de lanzamiento con la horizontal menor que  $45^\circ$ . Estando limitada la velocidad máxima vertical, no tiene caso el aproximar ese ángulo al valor ideal de  $45^\circ$  reduciendo la velocidad horizontal, pues esto no haría sino disminuir el largo del salto. Con los valores anteriores para  $v_x$  y  $v_y$ , se obtiene en el caso del triple salto de la figura un ángulo con la horizontal de  $16.7^\circ$ . En el caso de salto en largo simple, este ángulo puede ser algo superior (entre  $20^\circ$  y  $25^\circ$ ). Con los anteriores valores para  $v_x$  y  $v_y$  se puede calcular un alcance para cada uno de los saltos de unos 6 m, lo que totaliza un triple salto de  $3 \times 6$  m = 18 m de largo, valor próximo a la marca de 17,86 m alcanzada por el atleta.

Las fotos que siguen, relacionadas con otras tres pruebas olímpicas, ilustran el principio físico descrito más arriba, esto es la independendencia del movimiento del CM (indicado en amarillo) con respecto a las fuerzas internas que dan lugar a cambios conformacionales del cuerpo de los atletas durante sus movimientos actuados por la gravedad terrestre.



**Figura 4.** Salto en alto de Derek Drouin (Canadá), quién fue que saltó más alto en las Olimpíadas de Rio 2016 (2,38 metros) y recibió una medalla de oro por este salto.



**Figura 5.** Competencia ecuestre de salto de vallas. Las parábolas en amarillo indican la trayectoria del CM del complejo sistema caballo-jinete durante los saltos. El jinete Nick Skelton (Reino Unido) montó el caballo Big Star en la prueba ecuestre de seis saltos con vallas, ganando una medalla olímpica.



**Figura 6.** La secuencia muestra la gimnasia acrobática sobre una barra desarrollada por Laurie Hernández (USA) durante la competencia por equipos. Ella obtuvo la tercera puntuación más alta y ayudó a ganar una medalla de oro en la especialidad.