

# Matemáticas y Golf

Maykoll Jair Gil Martinez, estudiante del Programa de Matemáticas

Abril 2021

"Math and science are everywhere" (Las matemáticas y la ciencia están en todas partes).

Phil Mickelson, ganador de 51 torneos del PGA tour. Texto de un anuncio televisivo producido por ExxonMobil y estrenado durante el torneo del Master de Augusta de 2007 (Arnold, 2010).

El origen del golf es desconocido, aunque se puede decir que los escoceses son los inventores de este deporte entre los siglos XIV y XV. El golf es un deporte que consiste en embocar una bola de pequeñas dimensiones en un hoyo mediante distintos tipos de palos, empleando para ello el menor número de golpes posibles.

El objetivo del *swing*, o movimiento de rotación que permite al jugador golpear la pelota, es acelerar la cabeza del palo para que impacte la pelota en un punto específico con la dirección correcta. El *swing* se compone de tres partes esenciales, pero en este texto solo nos importarán dos de ellas: el *backswing*, que se compone del giro del cuerpo hacia una posición alejada respecto a la bola con la consecuente elevación del brazo; y el *downswing*, que es la posición donde el palo baja y el cuerpo 'desgira', acercándose el palo a la bola para entrar en contacto. El golfista ejerce fuerza con sus brazos sobre la varilla del palo, que a su vez ejerce fuerza sobre la cabeza del palo.

El análisis de este movimiento se basa en un sistema de doble péndulo. Los brazos que giran en los hombros se comportan aproximadamente como un péndulo; y las manos, el agarre y la varilla, que giran en las muñecas, se comportan como un segundo péndulo unido al extremo del primero. En la figura 1, la unión superior representa los hombros y los brazos del golfista, que giran alrededor de un eje central que corresponde aproximadamente a un punto entre los hombros del golfista. La unión inferior representa el palo de golf, que gira en torno a un punto o bisagra situado en el centro de las manos y las muñecas del golfista. La base del modelo de doble péndulo proviene de la práctica moderna de mantener el brazo izquierdo (para un golfista diestro) recto durante el *downswing*.

La posición angular de la unión inferior,  $\theta$ , en la parte superior del *backswing* se denomina 'ángulo de *backswing*', mientras que la posición angular de la unión superior, con respecto al inferior, se denomina ángulo de giro de la muñeca,  $\alpha$ . Durante la bajada, se considera que las dos uniones giran en un único plano inclinado hacia la vertical. En la versión básica del modelo se considera que el eje está fijo en su posición y que todos los esfuerzos del golfista en la rotación de sus caderas, tronco y brazos se igualan a un solo momento,  $\tau_0$ , aplicado en este eje central. Además, este momento se suele modelar como constante a lo largo de la duración del *downswing*.

Para el modelo básico de *swing* de doble péndulo el par requerido de la mano cae a cero cuando la unión superior ha oscilado a través de un ángulo, dado por  $\beta$  en la figura 1(b) se observa. La posición angular del enlace superior en el punto en que el palo sale,  $\beta$  en la figura 1(b), se denomina ángulo de liberación.

Todos los movimientos se combinan para acelerar la cabeza del palo a velocidades de hasta 110 millas por hora.

El modelo de doble péndulo es una aproximación al complejo mecanismo formado por el cuerpo y el palo durante un *swing*, el modelo puede refinarse de muchas maneras, por ejemplo, teniendo en cuenta el movimiento de los hombros, la flexión de la varilla del palo, el caso más sencillo se da cuando se desprecia el efecto de la gravedad, se obtiene las siguientes ecuaciones diferenciales de movimiento (Daish, 1972, como se citó en Penner, 2002):

$$A\ddot{\theta} + B\ddot{\phi}\cos(\phi - \theta) - B\dot{\phi}^2\sin(\phi - \theta) = -\tau_0 + \tau_h \quad (1)$$

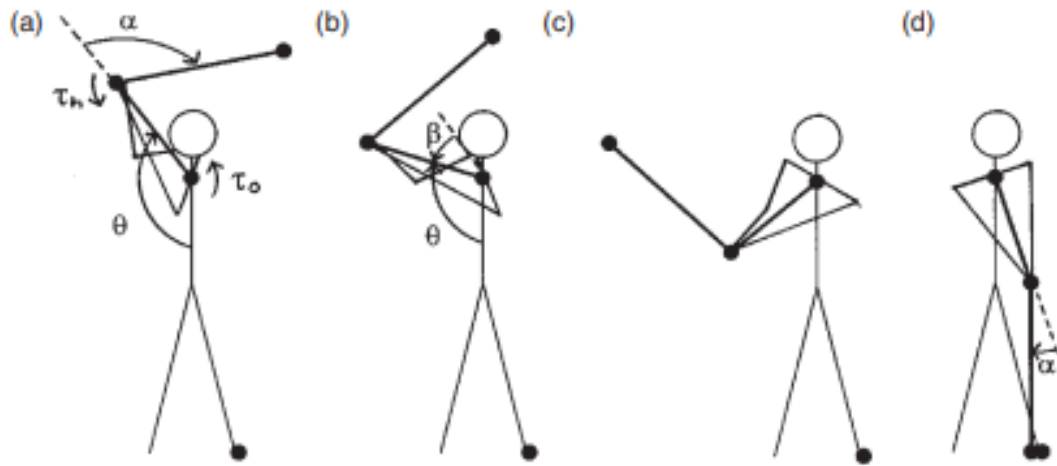


Figure 1: El modelo de doble péndulo del *swing* de golf; (a) al comienzo del *downswing*; (b) en el punto de liberación; (c) después de soltar el palo y (d) en el impacto. A Raymond Penner (2002). Imagen tomada de: The physics of golf. Disponible: <http://raypenner.com/golf-physics.pdf> [Consulta: 2021, abril 12]

y

$$B\ddot{\theta}\cos(\phi - \theta) + B\dot{\theta}^2\sin(\phi - \theta) + C\ddot{\phi} = -\tau_h \quad (2)$$

Donde las coordenadas generalizadas,  $\phi$  y  $\theta$ , son las posiciones angulares de las dos uniones con respecto a la vertical. La posición angular de la unión superior,  $\theta$ , es la mostrada en la figura 1(a), mientras que  $\phi$ , la posición angular del enlace inferior, viene dada por  $\theta + \alpha$ . Las constantes  $A$ ,  $B$  y  $C$ , son funciones de la masa, la longitud y el primer y segundo momento de las dos uniones. Durante la primera etapa de la bajada, el ángulo entre la muñeca y el palo,  $\phi - \theta$ , se mantiene fijo y las ecuaciones generales se reducen a lo siguiente:

$$\ddot{\theta} = \ddot{\phi} = \frac{-\tau_0}{I} \quad (3)$$

Donde  $I$  es el momento de inercia de todo el sistema alrededor del eje.

En conclusión, las matemáticas, la física y golf se relacionan para mejorar el *swing* y el juego del golfista, así la diversión de jugar golf, mientras se entiende lo que ocurre, mediante un modelo, hace mas agradable el juego.

### Referencias

Arnold, D. N. (2010). The Science of a Drive. Notices of the AMS, 54(4), 498–501.

<https://www.ams.org/notices/201004/rtx100400498p.pdf>

A Raymond Penner. (2002). Rep. Prog. Phys. 66, 131-171 <http://raypenner.com/golf-physics.pdf>