

Biomecánica del

golf

J. Javier Doria Iriarte.
Dr. Ingeniero Industrial
Universidad del País Vasco

Introducción

En el artículo anterior ("Golf para Ingenieros" DYNA, Julio Agosto Setiembre 1997) tratábamos de explicar la dinámica del "swing de golf", es decir, del conjunto jugador más palo en su movimiento, llegando a teorizar algo de su geometría basándonos en la Mecánica. Asimismo apuntábamos alguna novedad científica en la industria del golf, relativa a la aerodinámica de las maderas. No se han producido innovaciones significativas salvo en lo relativo a nuevos materiales, que se incorporan inmediatamente dada la avidez de avances que tiene esta importante industria. En esta ocasión podemos confirmar algunos aspectos teorizados en el citado artículo "Golf para Ingenieros" mediante un sistema de captura de las trayectorias de puntos significativos del jugador y del palo, con un tratamiento informático que combina masas, desplazamientos y tiempos, sacando interesantes conclusiones para el profesional y el aficionado.

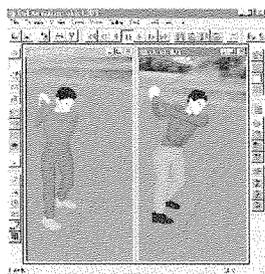


Fig. 1: Comparación de swings

El swing en el ordenador

Para obtener datos de la dinámica del jugador, muy recientemente han salido al mercado diversos programas informáticos que se apoyan en un sistema de captura óptica de señalizadores dispuestos sobre palo y jugador (aquí hemos utilizado gráficos de SST). Un tratamiento informático permite observar en la pantalla de cualquier ordenador un "jugador digital" que se corresponde mecánicamente y que realiza un swing asombrosamente similar al original.

Hemos podido estudiar el swing de un profesional, que, además de característico, es prácticamente perfecto y repetitivo. Este software se había utilizado anteriormente para estudios de Biomecánica en deportistas de élite con resultados reconocidos.

Sobre el ordenador hemos podido observar con todo detalle:

- El swing desde cualquier punto de vista.
- La superficie reglada generada por el palo.
- La proyección sobre el suelo del centro de gravedad del jugador.
- Velocidad de la cabeza del palo.
- Alineaciones de hombros, caderas, rodillas y pies.
- Ángulo en las caderas de espalda y piernas.
- Reparto del peso entre ambos pies.

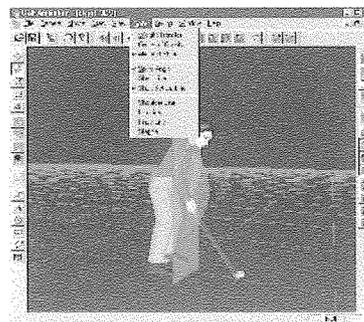


Fig. 2: Plano de alineación y ángulo de columna

Aplicación para el aficionado

Estos equipos de "Análisis del swing en 3D" se pondrán al alcance del aficionado en Escuelas y Clubes de golf. Disponen de tres cámaras de vídeo instaladas en la cancha de prácticas, conectadas a un ordenador. Estas cámaras son fijas, pero el software permite que su ubicación no sea muy exigente. El profesor activaría el sistema de captura de datos y el resultado se grabaría en un diskette de PC. Profesor y alumno podrían evaluar los defectos y el aficionado en su casa (o en el despacho cuando la pantalla del ordenador esté al abrigo de envidiosos), podrá comparar su swing con los anteriores o de profesionales (fig. 1), mejorando con seguridad el suyo, ya que deportistas de élite con probabilidades de mejora muy escasas lo han conseguido en otros deportes.

Datos obtenidos

A la vista del *swing* de un profesional (considerado como ideal) hemos observado los siguientes detalles de interés:

1- En el "*back swing*" (movimiento inicial hacia arriba del palo), el peso (mejor la fuerza, pues hay efectos dinámicos) se reparte al 50% entre ambos pies. El palo describe una superficie plana. El centro de gravedad no se desplaza (fig. 3 t=0 a 1,2 s).

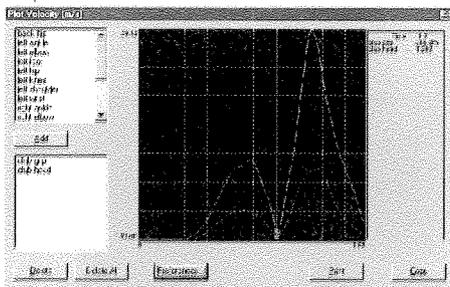


Fig. 3: Gráfico tiempo, velocidad de grip y cabeza del palo

2- En el "*down swing*" (movimiento siguiente de bajada t=1,2 a 1,5 s) el palo describe una superficie en un plano casi coincidente con el de la anterior (fig. 4). El centro de gravedad se mantiene fijo casi hasta el impacto (t=1,5 s), iniciándose un desplazamiento de su proyección sobre el suelo (fig.5) hacia el pie izquierdo (en diestros), con la lógica variación de las reacciones de los pies.

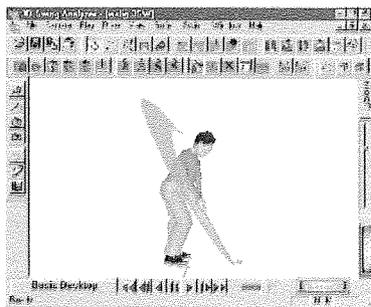


Fig. 4: Planos del swing

3- En el "*follow through*" (movimiento posterior al impacto t=1,5 a 2 s), continúa el desplazamiento del

centro de gravedad y el peso se traslada al pie izquierdo (fig. 5).

4- La trayectoria del centro de gravedad, o cuando menos de su proyección sobre el suelo, permanece en un punto hasta el impacto (t=0 a 1,5 s) y describe un segmento de recta entre los instantes anteriores al impacto y el "*finish*" (palo *enroscado* al jugador y fin de trayecto t=2 s).

Conclusiones dinámicas

Se confirma nuestra afirmación (en el artículo anterior, acerca de la trayectoria de las manos describiendo una curva con gran radio de curvatura en el instante del impacto (fig. 6). Esto es necesario para que la cabeza del palo se adelante adoptando la cabeza su posición adecuada y recuperando la energía mecánica de flexión de la varilla. Esto se comprueba con el ordenador. El centro de gravedad del conjunto jugador y palo, se mantiene fijo y se desplaza brusca y ostensiblemente en la dirección del objetivo desde el instante previo al impacto. Los sensores de las manos y de la cabeza del palo lo constatan directamente.

Se confirma el conocido sistema de no mover la cabeza al torsionarse en el *back swing*. Esto permite alterar mínimamente el centro de gravedad.

Subir mucho el palo en el *back swing* permite ganar energía potencial y espacio (longitud de la trayectoria en aceleración) para conseguir una alta velocidad en el impacto. Karl Woodward, un ingeniero inglés de 49 años, utilizando un estilo peculiar que le permite llevar el palo hasta "colgar por la espalda" en el *back swing*, ha conseguido el pasado 30 de junio batir el récord Guinness de distancia con driver en 408 yardas (373 m) sólo de vuelo, sin rodada. Para ello ha utilizado un driver Makser Airflow Stabilizer estándar (titanio, 45", *loft* 7°), que el museo del golf de St. Andrews en Escocia incluirá en su colección. El récord anterior lo ostentaba él mismo en 398 yd. El problema biomecánico radica en girar,

desgirar (perdón por el vocablazo usual en golf), impulsar y absorber las reacciones dinámicas del palo sin alterar la posición del cdg del conjunto.

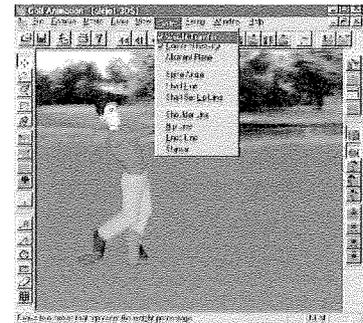


Fig. 5: Trayectoria de la proyección del cdg sobre el suelo

Para aprender a dejar que gire libremente el palo y adelante su cabeza antes del impacto, el "*grip*" (agarre del palo con las manos) debe ser el adecuado. Este es terreno del profesor de golf y supongo que deberemos buscar un agarre que sujete el palo con rótula, sin empotramiento, que obligue al jugador a desplazar su centro de gravedad en lugar de girar el palo con las manos (ver artículo citado). La frase del profesor de *agarrar un pajarillo para que no se escape y, sin embargo, no se asfixie*, puede aclarar el caso. Apretar con los dedos meñiques puede ayudar a ello, pero esto es ya intrusismo profesional. Los profesionales pueden transmitir un momento controlado en el *grip* aumentando el impulso. No obstante, podemos apuntar algún aspecto dinámico:

-El jugador profesional, (por instinto y aprendizaje de su profesor), sabe que debe desplazar las caderas durante el impacto (barrer la bola) y además en el instante preciso se permite imprimir un momento al palo empotrado entre las manos. Ambas acciones implican un efecto que sitúa la cara del palo alineada con el objetivo al impactar con la bola, aumentando y recuperando la energía acumulada en la flexión de la varilla del palo.

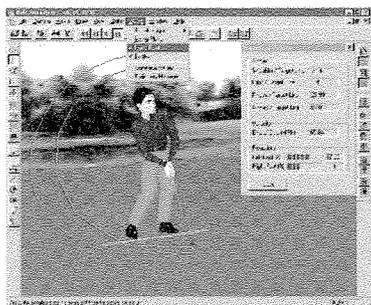


Fig. 6: Trayectorias y posición de los sensores

-El principiante tiende a alinear la cara del palo solamente imprimiendo un momento de recuperación con las manos en el palo para girarlo, consiguiendo por contra flexar más la varilla y con ello la cabeza golpea a la bola con la cara girada hacia afuera (abierta) y hacia arriba (*loft* dinámico), dado que la varilla está flexada (acumula energía) y torsionada indebidamente. El resultado es una bola con menos energía cinética lineal, mayor energía cinética de rotación con resultado de trayectoria corta y debido al "efecto Magnus" hacia la derecha (*slice*). El jugador también se desequilibra.

Conclusiones para el aficionado

Comparado el *swing* digitalizado de un profesional con el de un buen aficionado resulta evidente que esto es muy complicado y casi imposible para nosotros, pero, dadas las evidentes diferencias, también se puede concluir que hay muchas posibilidades de mejora y que el sistema de análisis biomecánico, al igual que a deportistas de élite, sin duda beneficia al aficionado.

Parece ser que un digitalizado costará 2.000 pta, aproximadamente, lo que permitirá estudiarnos a fondo y luego destruir las pruebas.

El diseño de palos

Todas estas características dinámicas las tiene en cuenta el diseñador de palos realizando palos específicos para profesionales (flex de varilla X-*Stiff*), aficionados de muy bajo han-

dicap (*Stiff*), aficionados de *handicap* y señoras de muy bajo *handicap* (*Firm*), aficionados normales y señoras de bajo *handicap* (*Regular*), señoras de alto *handicap*, niños y señores mayores (*Ladies*).

Para ello, se tiene en cuenta su fuerza física y habilidad para recuperar la posición de la cabeza en el impacto. Una varilla más rígida recupera más rápidamente su posición, acompañando a un *swing* más rápido. A veces las varillas se clasifican por la velocidad máxima de la cabeza (función del tipo de jugador). La comprobación del palo una vez montado se realiza midiendo su frecuencia de vibración, que es característica en cada tipo de palo y depende de su aerodinámica y de la varilla (tipo de jugador). Adoptar el palo adecuado es más complicado de lo que parece y es recomendable probar antes en el campo los palos que con este fin disponen los comercios.

Una buena aerodinámica de la cabeza exige una varilla menos rígida para compensar la frecuencia de vibración del palo aumentada por este concepto. Esta aerodinámica ya decíamos que no sólo es sobre la cara del palo, ya que el frente de avance de la cabeza de un palo de golf es variable con su posición durante el *swing*. Precisamente esta característica apreciada en el primer prototipo por J. M^a. Olazábal permitió el desarrollo de la patente internacional "fuselaje estabilizador de torbellinos" que, en su segunda chaqueta verde del Masters de Augusta del pasado abril, le acompañó con una madera 3 Makser.

Noticias para el aficionado

En su línea de investigar productos originales, Makser la única empresa española fabricante de palos de golf y la primera europea por presencia en el Tour Europeo que, como hemos dicho, ostenta actualmente el World Guinness Record de distancia con *driver* (fig. 8), está desarrollando un "sand wedge" actualmente en fase

de prototipo, con unas características innovadoras:

-El cuello o enganche de la varilla a la cabeza estará alejado de la trayectoria de la bola para evitar golpes de "socket", de "pipa" o "cañonazos".

-El borde de ataque de original concepción, permite golpear con la cara formando ángulos abiertos con toda confianza, disponiendo siempre de borde de ataque frontal a la bola.

-La base presenta un "sand foll" (derivación razonable de airfoil, hidrofoil...), de forma cóncava, en lugar de la habitual convexa o plana, que permite una sustentación más científica sobre el lecho fluido de arena.

-La cara de golpeo, (que también es pista de rodadura en este palo), está pensada para facilitar el golpe con la cara abierta.



Fig. 7: Alineaciones principales 1

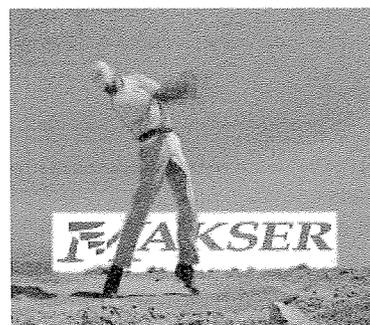


Fig. 8: Karl Woodward en el Guinness

Las agradables formas y las facilidades que ofrece este original diseño, serán de gran ayuda en situaciones complicadas. ■