

Inspira Crea Transforma

LA FÍSICA DEL GOLF

Presentado por:
Juan S. Cárdenas Rodríguez
Mariana Escobar Quiceno
David Plazas Escudero

Profesora:
Luz Marleny Morales Mira

Física I
Departamento de Ciencias Físicas
Escuela de Ciencias
Universidad EAFIT
2017

CONTENIDO

1. OBJETIVOS

- 1.1 GENERAL
- 1.2 ESPECÍFICOS

2. CONTEXTUALIZACIÓN

- 2.1 Historia
- 2.2 Sobre el Campo de Golf
- 2.3 Introducción

3. GLOSARIO

4. DINÁMICA TRASLACIONAL

- 4.1 Arrastre y levantamiento
- 4.2 Números de Reynolds
- 4.3 Crisis de arrastre
- 4.4 Explicación de la crisis
- 4.5 Fuerzas ejercidas por el golfista

5. CINEMÁTICA

- 5.1 Parabólico Tradicional
- 5.2 Resistencia Simple al Aire
- 5.3 Ecuación de Navier-Stokes

6. DINÁMICA ROTACIONAL

- 6.1 Análisis de Torque
- 6.2 Torque palo de golf
- 6.3 Efecto Magnus
- 6.4 Torque bola de golf

7. ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS

- 7.1 Palos de golf

8. CONCLUSIONES

OBJETIVOS

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Analizar la cinemática, dinámica translacional y rotacional en el golf.



Figura 1. Jugador de golf¹.

Inspira Crea Transforma

¹ GOLF LOOPY, [En línea], 2012. [citado en 8 septiembre de 2017]. Disponible en: <http://cloud2.golfloopy.com/wp-content/uploads/2012/03/Overview-of-a-Great-Golf-Swing1.jpg>.

1. OBJETIVOS

1.2 ESPECÍFICOS

- ▶ Describir las características recomendadas para los jugadores de golf.
- ▶ Explicar las funciones e implicaciones físicas de los accesorios presentes en un juego de golf.
- ▶ Explicar la forma en que los fenómenos físicos afectan la técnica de los jugadores de golf.
- ▶ Explicar el impacto físico de los implementos utilizados en el golf.

CONTEXTUALIZACIÓN

2. CONTEXTUALIZACIÓN

2.1 Historia y objetivo

El objetivo del juego es introducir una bola en hoyos que están distribuidos en el campo con el menor número de golpes. El juego que hoy conocemos fue inventado por los escoceses entre el siglo XIV y el XV².



Figura 2. Juego de golf, siglo XX³.

Inspira Crea Transforma

UNIVERSIDAD
EAFIT[®]

²97. M. E., "Golf," <https://www.interpatagonia.com/golf/historia.html>. [Online] consultado en Septiembre 25, 2017

2. CONTEXTUALIZACIÓN

2.2 Sobre el Campo de Golf

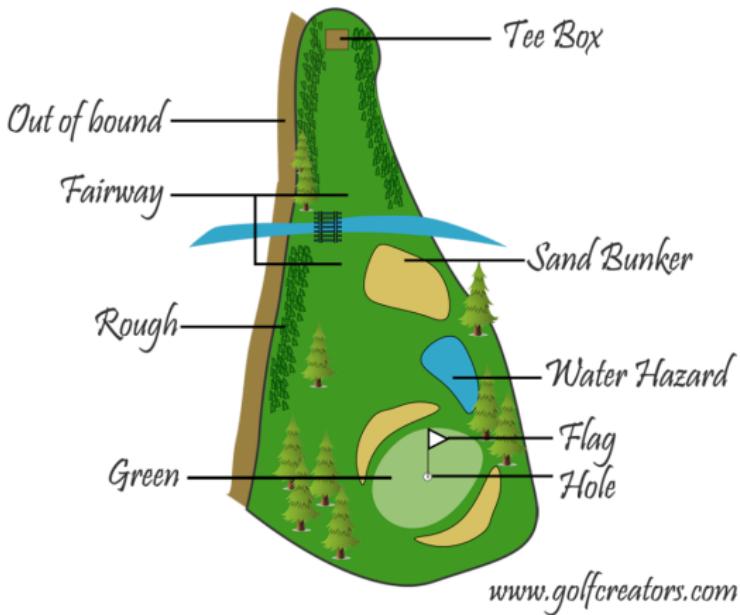


Figura 3. Campo de Golf.

Inspira Crea Transforma

2. CONTEXTUALIZACIÓN

2.3 Introducción

¿Cómo cambia el movimiento de un objeto cuando está en un fluido?

<https://www.khanacademy.org/computing/computer-programming/programming-natural-simulations/programming-forces/a/air-and-fluid-resistance>

GLOSARIO

3. GLOSARIO

- ▶ Tee (de salida): Lugar del hoyo de golf donde los golfistas comienzan el juego en cada hoyo.
- ▶ Down swing: Bajada del palo que comienza desde lo alto del back swing hasta el momento del impacto de la cara del palo en la bola de golf.
- ▶ Backswing: Es la parte del swing de golf en la que elevamos el palo. Comienza cuando arrancamos la cabeza del palo en el inicio del swing y termina en lo alto de la subida del palo.
- ▶ Swing: Movimiento que empleamos para golpear la bola de golf
- ▶ Grip (mango): Mango de goma situado en la varilla de los palos de golf, con la finalidad de facilitar su agarre. Existen diferentes tipos y grosores, en función de los jugadores o jugadoras a los que van destinados.⁴
- ▶ Número de Reynolds: Se utiliza para estudiar la manera en que se comporta el fluido al rededor de un objeto en movimiento; en particular, para determinar si el flujo es laminar o turbulento⁵.

Inspira Crea Transforma

⁴FARRERAS, C., "Vocabulario del golf," 2008, <http://www.golfsitges.com/vocabulario?jjj=1506034771003>. [Online] consultado en Septiembre 19, 2017

⁵AIR, S. N. and MUSEUM, S., "What is the definition of reynold's number?." <http://howthingsfly.si.edu/ask-an-explainer/what-definition-reynolds-number-and-how-it-used-study-aerodynamics>. [Online] consultado en Octubre 1, 2017

3. GLOSARIO

- ▶ Hook: Efecto pronunciado hacia la izquierda que toma la bola de golf durante el vuelo, a consecuencia de llegar la cara del palo cerrada en el momento del impacto.
- ▶ Slice: Efecto pronunciado hacia la derecha que toma la bola de golf durante el vuelo, a consecuencia de llegar la cara del palo abierta en el momento del impacto.
- ▶ Backspin: Efecto de retroceso que se imprime al golpear la bola. Cuando impacta en el green, regresa en sentido opuesto a la trayectoria del golpe.
- ▶ Overspin: opuesto al backspin⁶.

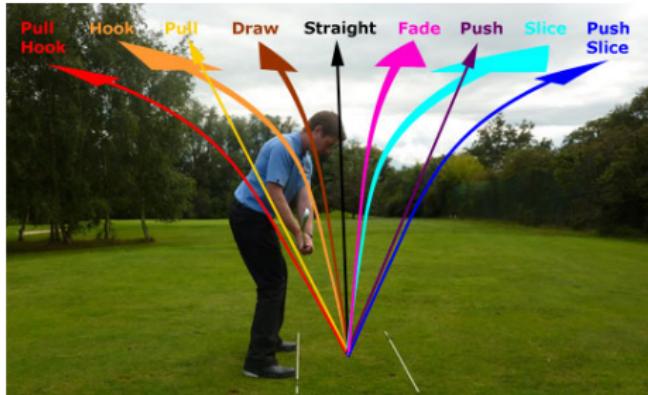


Figura 4. Tipos de tiro en el golf.

DINÁMICA TRASLACIONAL

4. DINÁMICA TRASLACIONAL

4.1 Arrastre y levantamiento

La resistencia del aire se puede descomponer en las componentes x y y del movimiento y nombrarlas como una fuerza de arrastre y una de levantamiento respectivamente.

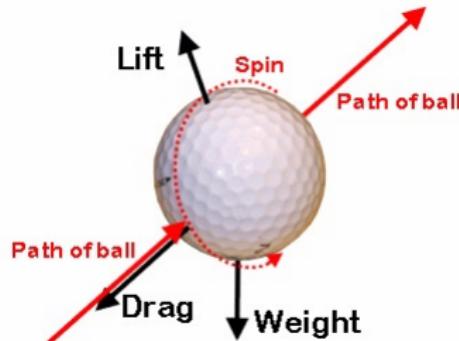


Figura 5. Diagrama de cuerpo libre para una bola de golf⁷.

4. DINÁMICA TRASLACIONAL

4.2 Números de Reynolds

Depende del diámetro del objeto de estudio (D), la viscosidad del fluido (μ), la densidad del fluido (ρ) y la velocidad del fluido (v).

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (1)$$

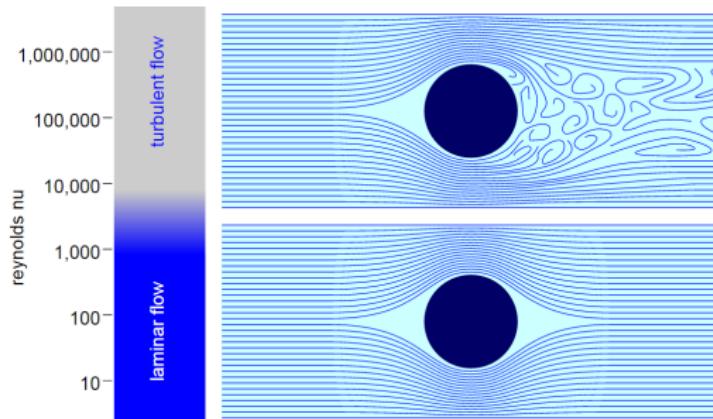


Figura 6. Comportamiento del fluido de acuerdo a los valores del número de Reynolds.⁸.

Inspira Crea Transforma

⁸ <http://www.nuclear-power.net/nuclear-engineering/fluid-dynamics/reynolds-number/>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.

4. Dinámica traslacional

4.3 Crisis de arrastre

Al analizar la gráfica de fuerza de arrastre contra número de Reynolds se obtiene un resultado algo contradictorio para la época.

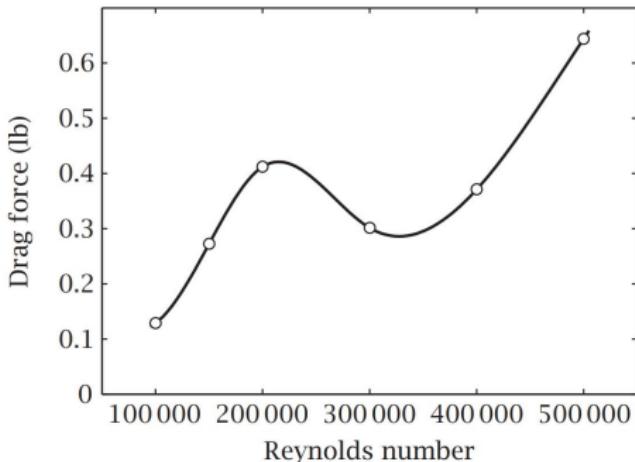


Figura 7. Diagrama de las etapas del fluido al rededor de la bola.⁹.

Inspira Crea Transforma

⁹ ARNOLD, D. N., "The flight of a golf ball," in *The Princeton Companion to Applied Mathematics* (HIGHAM, N. J., DENNIS, M. R., GLENDINNING, P., MARTIN, P. A., SANTOSA, F., and TANNER, J., eds.), pp. 746–749, Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2015.

4. Dinámica traslacional

4.3 Crisis de arrastre

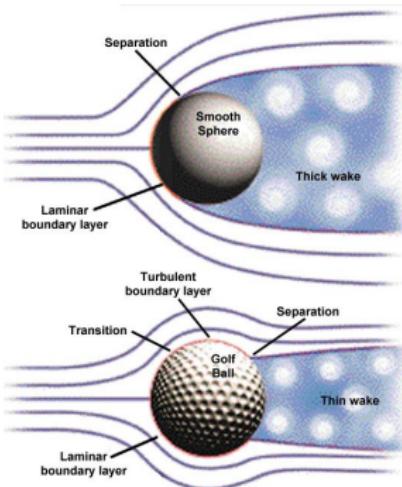


Figura 8. Bola de golf vs bola suave.

4. Dinámica traslacional

4.3 Crisis de arrastre

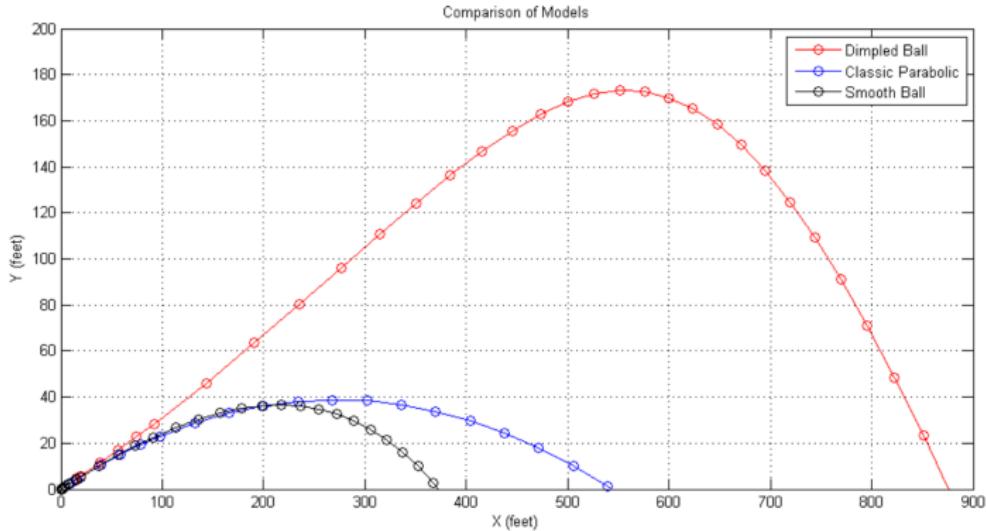


Figura 9. Bola de golf vs bola suave.

4. DINÁMICA TRASLACIONAL

4.4 Explicación de la crisis

- ▶ Turbulencia de la capa límite.
- ▶ Combinación de aire rápido y lento.
- ▶ Separación de la capa límite.
- ▶ Reducción de la fuerza de arrastre

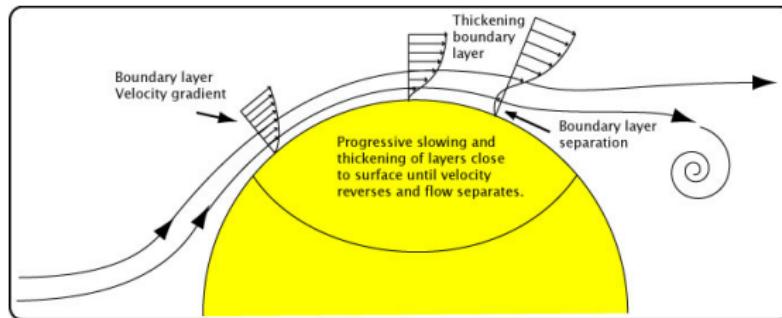


Figura 10. Diagrama de cuerpo libre para una bola de golf¹⁰.

Inspira Crea Transforma

¹⁰ http://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/aerodynamics2.php. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.

4. DINÁMICA TRASLACIONAL

4.5 Fuerzas ejercidas por el golfista

- Reacción del piso:

- ▶ 65 % del peso se encuentra sobre el pie trasero durante el backswing
- ▶ Transfieren rápidamente el peso de un pie a otro
- ▶ El pico de mayor peso sobre el pie delantero se alcanza en la mitad del downswing
- ▶ Los jugadores con menos habilidades no transfieren tanto peso de un pie a otro y lo hacen de manera más lenta.



Inspira Crea Transforma

Figura 11. Jugador realizando un swing¹¹.

¹¹ <http://sirshanksalot.com/steps-every-downswing-should-have-a-good-backswing/>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.

4. DINÁMICA TRASLACIONAL

4.5 Fuerzas Musculares

Los jugadores más avanzados utilizan los grandes músculos de las piernas y las caderas para obtener más potencia, mientras que los que tienen menos habilidades requieren más fuerza en brazos y espalda.



Figure 1.1 – Muscles used during the upswing phase.¹²

Figura 12. Músculos utilizados durante un swing¹².

Inspira Crea Transforma

¹²<http://www.athletictrainers.myindustrytracker.com/en/article/92798/what-is-happening-in-the-shoulder-complex-during-a-golf-swing>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017

CINEMÁTICA

5. CINEMÁTICA

5.1 Parabólico Tradicional

$$x(t) = -v_0 \cos \theta t + x_0 \quad (2)$$

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \theta t + y_0 \quad (3)$$

$$y(x) = y_0 + x \tan \theta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2 \quad (4)$$

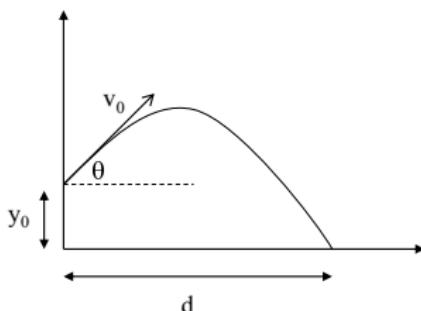


Figura 13. Movimiento parabólico.

5. CINEMÁTICA

5.2 Resistencia Simple al Aire

$$\begin{aligned}\sum F_y &= -mg - kv_y = ma_y \\ \sum F_x &= -kv_x = ma_x\end{aligned}\tag{5}$$

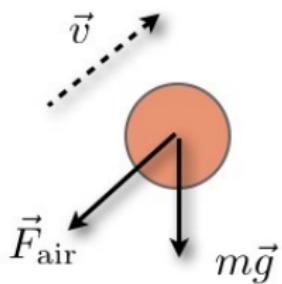


Figura 14. Diagrama de cuerpo libre para una bola con resistencia simple al aire.

5. CINEMÁTICA

5.2 Resistencia Simple al Aire

$$x(t) = x_0 - \frac{v_{0x} m}{k} e^{-\frac{k}{m} t}; \quad (6)$$

$$y(t) = y_0 - \frac{m}{k} \left[gt + \left(v_{0y} + \frac{mg}{k} \right) e^{-\frac{k}{m} t} \right] \quad (7)$$

$$y(x) = \frac{m^2 g}{k^2} \ln \left(-\frac{k}{mv_{0y}} x \right) + \left(1 + \frac{mg}{kv_{0x}} \right) \quad (8)$$

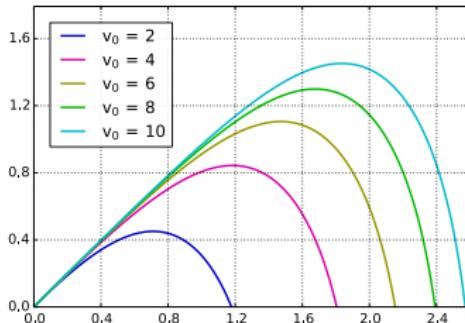


Figura 15. Movimiento de un objeto con resistencia al aire para diferentes velocidades iniciales¹³.

Inspira Crea Transforma

¹³ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Mplwp_ballistic_trajectories_velocities.svg. Consultado en Octubre 1, 2017

¹³ Simulación: <https://www.geogebra.org/m/rYmnXYMY>

5. CINEMÁTICA

5.3 Ecuación de Navier-Stokes

<https://www.youtube.com/watch?v=azyN4CXCiEE>

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \left(\mu \left(\nabla u + (\nabla u)^T \right) - \frac{2}{3} \mu (\nabla \cdot u) I \right) + \rho g + F \quad (9)$$

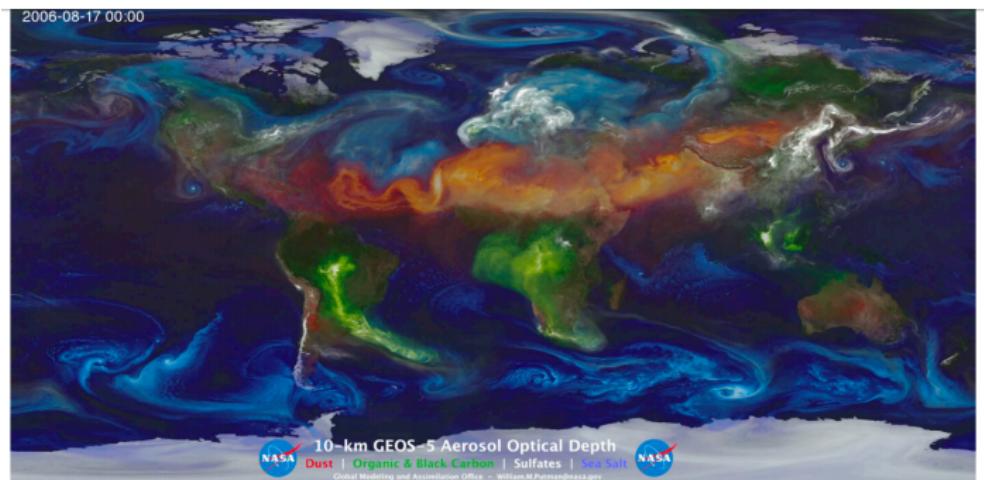


Figura 16. Dinámica de fluidos.

DINÁMICA ROTACIONAL

6. DINÁMICA ROTACIONAL

6.1 Análisis de Torque

En el golf podemos evidenciar rotación en cuatro partes:

- ▶ Rotación bola de golf.
- ▶ Rotación palo y brazos.
- ▶ Rotación de las caderas.
- ▶ Rotación de las piernas.



Figura 17. Movimiento durante un swing¹⁴.

Inspira Crea Transforma

¹⁴ <http://rate-sport.com/swing-golf/>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.

6. DINÁMICA ROTACIONAL

6.2 Torque palo de golf

Para analizar dicho torque, hay que tener en cuenta:

- ▶ Eje de rotación
- ▶ El sistema

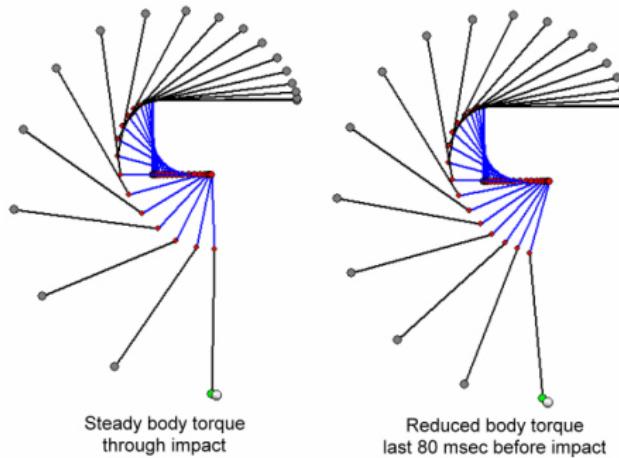


Figura 18. Sistema rotacional para el torque.

6. DINÁMICA ROTACIONAL

6.2 Torque palo de golf

Con todo lo dicho, podriámos considerar el sistema como un péndulo doble.

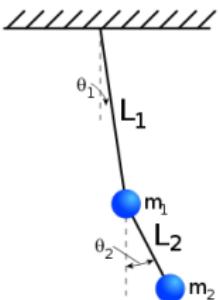


Figura 19. Sistema de péndulo doble.

$$\alpha = \frac{2 \sin(\theta_1 - \theta) (c_1 \omega_1^2 + c_2 \cos \theta_1 + c_3 \omega^2 \cos(\theta_1 - \theta))}{c_4 - c_5 \cos(2(\theta_1 - \theta))} \quad (10)$$

6. DINÁMICA ROTACIONAL

6.3 Efecto Magnus

<https://www.youtube.com/watch?v=20SrvzNW9FE> (0:00 - 1:24).

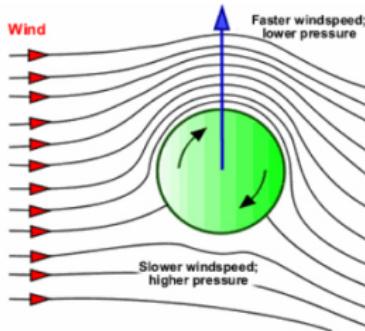


Figura 20. Efecto magnus en un cuerpo esférico.

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + P = Cte \quad (11)$$

6. DINÁMICA ROTACIONAL

6.3 Efecto Magnus

Para una esfera, la fuerza que hace este efecto sería aproximadamente:

$$\vec{F} \approx (\pi^2 r^3 \rho) \vec{\omega} \times \vec{v} \quad (12)$$

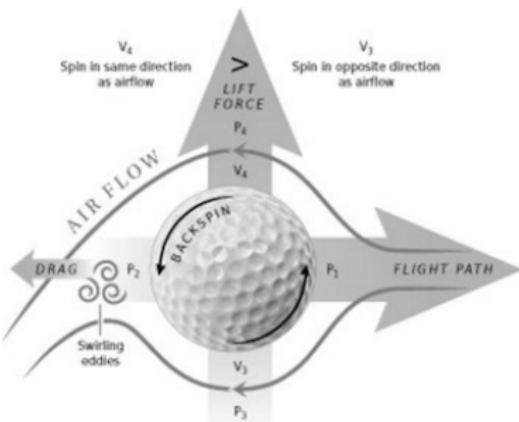


Figura 21. Efecto magnus en un cuerpo esférico.

6. DINÁMICA ROTACIONAL

6.4 Torque bola de golf

Hay tres tipos de rotaciones con efectos positivos y una con efectos negativos.

- ▶ Hook
- ▶ Slice
- ▶ Backspin
- ▶ **Overspin**

ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS

7. ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS

7.1 Palos de golf: maderas

Son los palos con los que se puede golpear más fuertemente y lograr mayor distancia.



Figura 22. Palo madera¹⁵.

Inspira Crea Transforma

UNIVERSIDAD
EAFIT[®]

¹⁵<https://www.golfdigest.com/hot-list/golf-clubs/fairway-woods>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017

7. ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS

7.1 Palos de golf: wedge

En éstos se consigue un mejor control de la bola, usualmente útil para situaciones difíciles.



Figura 23. Palo wedge/iron¹⁶.

Inspira Crea Transforma

¹⁶ https://www.cobragolf.com/media/catalog/product/k/i/king-wedge-toe_1.jpg. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017

7. ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS

7.1 Palos de golf: putter

Finalmente se utiliza un palo denominado putter para empujar la bola mediante un golpe (putt) hacia el hoyo en el green.



Figura 24. Palo putter¹⁷.

CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

- ▶ Se logró describir (más que analizar) la cinemática, dinámica traslacional y rotacional en el golf desde diferentes perspectivas físicas (por ejemplo, para la cinemática se describieron tres modelos de movimiento de la bola); aunque no se lograron explicar a fondo algunos de los fenómenos aquí descritos, creemos que se logró una exposición con un enfoque más motivador e informativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS I

- [1] <https://golfinfoblog.files.wordpress.com/2015/04/historia-golf-wallpaper-3.jpg>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [2] http://www.tutelman.com/golf/design/pix/swing_forcesOnBall.gif. [Online] consultado en Octubre 1, 2017.
- [3] <http://www.nuclear-power.net/nuclear-engineering/fluid-dynamics/reynolds-number/>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [4] http://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/aerodynamics2.php. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [5] <http://sirshanksalot.com/steps-every-downswing-should-have-a-good-backswing/>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [6] <http://www.athletictrainers.myindustrytracker.com/en/article/92798/what-is-happening-in-the-shoulder-complex-during-a-golf-swing>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [7] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Mplwp_ballistic_trajectories_velocities.svg. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [8] <http://rate-sport.com/swing-golf/>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [9] <https://www.golfdigest.com/hot-list/golf-clubs/fairway-woods>. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS II

- [10] https://www.cobragolf.com/media/catalog/product/k/i/king-wedge-toe_1.jpg. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [11] https://static.foremostgolf.com/ecom/images/thumbs/0042110_ping-ladies-g-le-caru-golf-putter.jpeg. [Online] Consultado en Octubre 1, 2017.
- [12] 97, M. E., "Golf." <https://www.interpatagonia.com/golf/historia.html>. [Online] consultado en Septiembre 25, 2017.
- [13] AIR, S. N. and MUSEUM, S., "What is the definition of reynold's number?." <http://howthingsfly.si.edu/ask-an-explainer/what-definition-reynolds-number-and-how-it-used-study-aerodynamics>. [Online] consultado en Octubre 1, 2017.
- [14] ARNOLD, D. N., "The flight of a golf ball," in *The Princeton Companion to Applied Mathematics* (HIGHAM, N. J., DENNIS, M. R., GLENDINNING, P., MARTIN, P. A., SANTOSA, F., and TANNER, J., eds.), pp. 746–749, Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2015.
- [15] FARRERAS, J., "Vocabulario del golf," 2008, <http://www.golfsitges.com/vocabulario?jjj=1506034771003>. [Online] consultado en Septiembre 19, 2017.
- [16] GOLF LOOPY, [En línea], 2012. [citado en 8 septiembre de 2017]. Disponible en: <http://cloud2.golfloopy.com/wp-content/uploads/2012/03/Overview-of-a-Great-Golf-Swing1.jpg>.

Gracias