



Recibido: 04.05.2021 • Aceptado: 13.07.2021

Palabras clave: Aerodinámica, efecto Magnus, física clásica.

Pelotas y aerodinámica

LUIS CARLOS ORTIZ DOSAL

carlos.ortiz@alumnos.uaslp.edu.mx

MAESTRÍA EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES,
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

ALEJANDRA ORTIZ DOSAL

DOCTORADO INSTITUCIONAL EN INGENIERÍA Y CIENCIA DE MATERIALES, UASLP

ELEAZAR SAMUEL KOLOSOVAS MACHUCA

COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, UASLP

El uso de pelotas con el propósito de jugar data de la antigüedad y forma parte de muchas culturas. Un objeto rodante atrae no sólo a un bebé humano, también a un gatito o a un cachorro. Las pelotas más antiguas de Eurasia se han descubierto en Karasahr, China, y tienen más de 3 000 años (Gershon, 2020). Estaban hechas de cuero relleno de pelo. Existe una gran cantidad de deportes que evolucionaron de estos juegos y que utilizan pelotas; éstas han adquirido formas, texturas y tamaños muy distintos según el deporte para el que fueron diseñadas. Quienes sean aficionados al fútbol, sin duda, habrán escuchado de algún “tiro con chanfle” para referirse a la trayectoria curva que toma una pelota cuando es pateada con cierta técnica. De la misma manera, los fanáticos del béisbol habrán visto cómo los lanzadores o pitchers pueden lanzar desde la “lomita de las responsabilidades” bolas curvas, rectas, *sliders* o bolas de nudillos según la trayectoria de la bola en su camino al plato. Al observar las pelotas de los diferentes deportes que las utilizan podemos hacernos varias preguntas: ¿cómo es posible obtener estos efectos?, ¿por qué las pelotas de tenis son peludas? y ¿por qué las pelotas de golf tienen huecos?

Aerodinámica y el efecto Magnus

Las respuestas a estas preguntas nos las brinda la aerodinámica, que estudia el movimiento del aire cuando es afectado por un objeto sólido, como el ala de un avión, un carro o, en el caso que hoy nos ocupa, una pelota. Una pelota en movimiento tiene un área de alta presión en su parte frontal; el aire fluye suavemente sobre los contornos de la parte frontal y al final se separa de la pelota hacia la parte posterior. Una pelota en movimiento también deja atrás una región de estela turbulenta donde el flujo de aire fluctúa o se agita, lo que resulta en una presión más baja detrás de él. El tamaño de la estela afecta la cantidad de arrastre de la pelota, como definiremos a continuación. Para entender las fuerzas aerodinámicas que afectan a una pelota consideremos, además de la gravedad, aquellas que son producto del contacto entre la superficie de la pelota y el aire; estas fuerzas son las responsables de los cambios en la trayectoria típica de la pelota (Escalera Santos, 2019). Son la resistencia del aire, también

conocida como arrastre, que es un tipo de fricción y en consecuencia se opone al movimiento. La resistencia al aire produce un cambio en la trayectoria en la dirección del movimiento de ésta (la freno). Cuando la pelota viaja por el aire rotando sobre su eje, la interacción con el aire será diferente a si viaja sin rotar y, por lo tanto, seguirá una trayectoria distinta. A este fenómeno se le conoce como el efecto Magnus, nombrado así por el físico alemán Heinrich Gustav Magnus, quien fue el que lo investigó. Una comprensión intuitiva del fenómeno proviene de la tercera ley de Newton, la cual dice que a cada acción corresponde una reacción de igual magnitud y en sentido contrario. En este caso, la fuerza deflectiva sobre la pelota es una reacción a la deflexión que la pelota impone al flujo de aire. La pelota “empuja” el aire en una dirección, y el aire empuja a la pelota en la dirección opuesta. En particular, una fuerza de elevación va acompañada de una desviación hacia abajo del flujo de aire. Es una desviación angular en el flujo de fluido, detrás de la pelota.

Por ejemplo, en una bola rápida de cuatro costuras, el lanzador hace que la pelota gire hacia atrás, lo que genera una fuerza de Magnus hacia arriba que contrarresta la fuerza de gravedad; por esta razón las bolas rápidas no pierden mucha altura. En la recta de dos costuras, la pelota gira descentrada y su trayectoria es hacia abajo y hacia el lado dominante del lanzador, es decir, hacia abajo y hacia la derecha para los diestros, y hacia abajo y hacia la izquierda para los zurdos. En el caso de una bola curva, el efecto es opuesto al de la recta de cuatro costuras, ya que el lanzador hace que la pelota gire hacia adelante creando una zona de mayor presión en la parte superior de la pelota, que desvía la pelota hacia abajo en vuelo. En lugar de contrarrestar la gravedad, la bola curva agrega una fuerza descendente adicional, lo que le da a la pelota una caída exagerada en vuelo. En un *slider*, la pelota gira hacia adelante como en una bola curva, pero al mismo tiempo de forma perpendicular a la dirección en la que viaja la pelota, lo que provoca que caiga de forma lateral al llegar al plato. Si la pelota no rota, como en el caso de la bola de nudillos o *knuckleball*, no habrá efecto Magnus y la trayectoria será en función del arrastre del aire que produce fuerzas de deslizamiento y despegue. El efecto suele ser impredecible entre un deslizamiento en una dirección o un aumento de altura en la trayectoria.

Las superficies de las pelotas

Ahora que nos hemos dado cuenta de que estas fuerzas son producto de la interacción entre la superficie de la pelota y el fluido, ¿qué pasa cuando tenemos pelotas con superficies distintas, como el caso de las pelotas de tenis y de golf? En el caso del tenis, todos hemos notado que tienen pequeñas fibras de plástico que asemejan pelo. Las pelotas de tenis con más pelo tienen más resistencia al aire, por lo tanto, se optimiza el efecto que le quieren dar, y la pelota de tenis de menos pelo, ofrece menos resistencia y, por lo tanto, menos efecto. Esto se debe a que este pelo genera mayor turbulencia del aire, lo que amplifica el efecto Magnus. De forma similar a las pelotas de beisbol, los efectos que se le dan a las pelotas de tenis son de rotación y la rotación que lleva la pelota cuando va en el aire genera una turbulencia. Si gira hacia delante, la turbulencia se crea arriba y la bola cae más rápido, de golpe; si rota hacia atrás, la turbulencia se crea abajo y la pelota "flota" más. También puede rotar de costado, lo que hace que curve su trayectoria.

La pelota de golf originalmente no tenía los huecos que tienen en la actualidad. A finales del siglo XIX se descubrió que hacerle hoyuelos proporcionaba aún más control de trayectoria, vuelo y giro en comparación con las pelotas utilizadas hasta ese momento (Ferne, 1898).



Pelotas y aerodinámica



1 | ¿Te habías preguntado por qué las pelotas de tenis son peludas o por qué las pelotas de golf tienen huecos? Bueno, la aerodinámica tiene la respuesta.



2 | La **aerodinámica** estudia el movimiento del aire cuando es afectado por un objeto sólido, en este caso veremos qué pasa con una pelota.



3 | Una pelota en movimiento tiene un área de alta presión en su parte frontal. El aire fluye suavemente sobre los contornos de la parte frontal y finalmente se separa de la pelota hacia la parte posterior.



4 | Cuando la pelota está en movimiento, deja atrás una estela turbulenta donde el flujo de aire fluctúa o se agita, lo que resulta en una presión más baja detrás de él y que afecta su cantidad de arrastre.



5 | El arrastre son la resistencia del aire y las fuerzas responsables de los cambios en la trayectoria típica de la pelota.



6 | Cuando la pelota viaja por el aire rotando sobre su eje, la interacción con el aire será diferente a si viaja sin rotar y, por lo tanto, seguirá una trayectoria distinta. A este fenómeno se le conoce como el efecto Magnus.



7 | Este efecto podemos entenderlo mejor con la tercera ley de Newton: a cada acción corresponde una reacción de igual magnitud y en sentido contrario.



LUIS CARLOS ORTIZ DOSAL

Estudió el Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencia de Materiales en la UASLP. Actualmente es profesor investigador en la Unidad Académica de Ingeniería I de la UAZ y trabaja en el proyecto "Inmunosensores ópticos y eléctricos".


Estas modificaciones les permitían alcanzar distancias mucho más largas. Los hoyuelos en una pelota de golf crean una fina capa límite de aire turbulento que se adhiere a la superficie de la pelota. Esto permite que el aire que fluye suavemente siga la superficie de la pelota un poco más alrededor de la parte posterior de ésta, disminuyendo así el tamaño de la estela. Por tanto, una bola con hoyuelos tiene aproximadamente la mitad del arrastre que una bola lisa (Nakawaga, 2005). Los huecos también afectan el levantamiento. Una pelota suave con efecto de *backspin*, como en el caso de una bola rápida que gira para atrás, crea sustentación al deformar el flujo de aire de manera que la pelota actúa como el ala de un avión. La acción de giro hace que la presión del aire en la parte inferior de la pelota sea más alta que la presión del aire en la parte superior; este desequilibrio crea una fuerza ascendente sobre la pelota. El giro de la pelota contribuye aproximadamente a la mitad de la elevación de una pelota de golf. La otra mitad la proporcionan los hoyuelos, que permiten optimizar la fuerza de elevación.

Un caso particular es el bádminton, un deporte de raqueta que, en lugar de utilizar pelotas, usa un proyectil cónico que consiste en una semiesfera de corcho con plumas insertadas llamado gallito o volante. Su forma lo hace muy estable aerodinámicamente, y sin importar dónde sea golpeado siempre vuela con la parte del corcho hacia adelante. Las plumas pueden ser naturales o sintéticas y generan un gran arrastre, por lo que cuando son golpeadas, disminuyen la velocidad muy rápido a medida que avanzan.

Los conceptos expuestos en este artículo tienen muchas aplicaciones que van más allá de la ciencia del deporte. Por ejemplo, un carro que tenga una estructura que presente una menor resistencia al aire gastará

menos gasolina; viajar por la carretera con las ventanas abajo en un carro generará arrastre y se consumirá más gasolina. Un avión precisa de sus alas para poder generar con el aire una fuerza de sustentación que supere su peso y que lo mantenga volando. Es por esto que las naves espaciales con alas, como las que aparecen en las películas, carecen de sentido, ya que en el vacío del espacio no hay aire ni ningún otro fluido que oponga una resistencia al avance y por lo tanto no es necesario ni útil un perfil aerodinámico.

En conclusión

La aerodinámica es la ciencia que estudia la interacción entre un objeto sólido y el aire que lo rodea. Dicha ciencia nos ayuda a comprender el porqué de muchos fenómenos divertidos como el efecto que puede impartírsele a una pelota para desconcertar y vencer a un rival en los deportes. También, mediante la aplicación de sus leyes, los ingenieros pueden diseñar el tamaño de las alas de un avión, carros más veloces y eficientes, e incluso transbordadores espaciales. 

Referencias bibliográficas:

- Gershon, L. (21 de octubre, 2020). These Hair-Filled Leather Pouches Are the Oldest Balls Found in Eurasia. *Smithsonian magazine*. Recuperado de: <https://www.smithsonian-mag.com/smart-news/leather-balls-point-ancient-chinese-sport-180976102/>
- Escalera Santos, G. J., Aguirre-López, M. A., Díaz-Hernández, O., Hueyotl Zahuantla, F., Morales-Castillo, J. y Almaguer F. J. (2019). On the Aerodynamic Forces on a Baseball, With Applications. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 4, art. 66.
- Fernie, P. G., McHardy, J. y Froy, D. S. (1897). Balls for golf are provided with isolated indentations b, whereby the spherical form is not destroyed. Improvements in golf balls. European Patent Office. GB189724667A.
- Nakagawa, M., Yabe, T., Misaki, M., Manome K. y Yamada, T. (2005). 202 Aerodynamic Coefficients of a Dimpled Sphere in Back-Spin. *The Proceedings of the JSME Annual Meeting*. DOI:10.1299/jsmemecj.2005.2.0_89.