

Recibido: 08.09.2021 • Aceptado: 29.08.2022

**Palabras clave:** Balística, Felipe Ángeles, mecánica clásica, Revolución mexicana, toma de Zacatecas.

# Felipe Ángeles y balística

GABRIELA ÁNGELES ROBLES

*gabrielle.angels24@gmail.com*

LUIS CARLOS ORTIZ DOSAL

*ortiz.dosal.lc@gmail.com*

DOCTORADO EN EL POSGRADO EN CIENCIAS INTERDISCIPLINARIAS  
DEL INSTITUTO DE FÍSICA, UASLP



Desde que inició el actual sexenio encabezado por el presidente Andrés Manuel López Obrador, se anunció la creación del nuevo Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, un homenaje a uno de los más ilustres militares mexicanos, profesor de matemáticas y director del Heroico Colegio Militar. Además de ser el héroe de la toma de Zacatecas, la historia lo ha colocado, por su sentido de deber y lealtad, como un prócer del ejército y del pueblo mexicano. En esta ocasión, abordaremos las contribuciones del general Ángeles desde la rama de la física que le dio fama: la balística.

### ¿Quién fue Felipe Ángeles?

El general Felipe Ángeles fue un destacado militar mexicano y héroe de la Revolución mexicana, formó parte de la división del norte comandada por Francisco Villa. De nombre completo Felipe de Jesús Ángeles Ramírez, nació el 13 de junio de 1868 en el estado de Hidalgo. Uno de los cuatro hijos del matrimonio entre la señora Juana Ramírez y Don Felipe Ángeles. De su madre heredó su humildad y su sencillez; de su padre, que también sirvió al Gobierno de la República desde 1847, heredó su conducta intachable, así como su rectitud y el amor por su país (Cervantes, 2019).

Desde muy temprana edad y durante su época de estudiante en el Colegio Militar de Chapultepec, el hidalguense Felipe Ángeles mostró interés por la física y las matemáticas, incluso llegó a impartir ésta última, así como las asignaturas de Mecánica Analítica y Balística en dicha institución. Terminada su formación en el Colegio Militar, fue director de la Escuela de Tiro, en donde aplicó el cálculo de probabilidades al tiro de artillería y escribió un libro sobre balística exterior que por mucho tiempo sirvió de estudio en el Colegio Militar. Su gran intelecto le valió para ser

comisionado a Francia con el fin de estudiar el material de 75 milímetros (mm) de artillería Schneider Cannet que recién el Gobierno de México había adquirido de dicho país. Aprovechó su estadía para ampliar sus estudios y sirvió en dos regimientos de artillería francesa, también fue condecorado como Caballero de la Legión de Honor (Cervantes, 2019). Sin embargo, cuando la Revolución estalló, Felipe Ángeles solicitó regresar a México, fue ascendido a General Brigadier y en ese cargo demostró su inteligencia y avanzadas tácticas militares en cada una de las batallas que libró.

La batalla más importante del general Ángeles, y quizá de toda la Revolución mexicana fue la Toma de Zacatecas, ocurrida el 23 de junio de 1914, en la cual la División del Norte comandada por Francisco Villa derrotó a las fuerzas federales de Victoriano Huerta, lo que llevó al fin de su dictadura y permitió el avance de la División del Norte a la Ciudad de México para establecer orden en el país. En dicha batalla, después de una encarnizada lucha, las fuerzas revolucionarias tomaron el cerro del Grillo para atacar desde ahí el cerro de la Bufa. Estos cerros están

separados por aproximadamente 700 metros y hoy en día las estaciones del teleférico de Zacatecas están situadas en ambos cerros.

Desde el cerro del Grillo se llevó a cabo un ataque de artillería con el fin de neutralizar la artillería enemiga colocada en el cerro de la Bufa por las fuerzas federales, así como sus posiciones defensivas. Los cálculos y ajustes que debieron realizar tanto el General Ángeles como sus subordinados a los cañones sometidos a la tensión de estar bajo el fuego enemigo son inimaginables. Aún así, el uso de la artillería permitió el avance sobre el cerro de la Bufa por la infantería, sin este apoyo no lo hubiera conseguido y provocó la retirada de las fuerzas federales de la ciudad. Como homenaje, actualmente se yergue una estatua del general Felipe Ángeles imponente sobre su caballo en el cerro de la Bufa (foto 1).

### La física en el lanzamiento de proyectiles

La artillería emplea cañones, obuses o morteros cuyos calibres son mayores que las armas que puedan ser operadas por la infantería. Éstas disparan un proyectil,

definido de forma general como cualquier objeto que se lanza al ejercer sobre él una fuerza (Serway, 2005). La balística es la rama de la física que estudia la trayectoria de un proyectil y de las fuerzas que actúan sobre él. Para entender de mejor manera de qué trata, podemos tomar una simplificación considerando el movimiento sólo en dos dimensiones, para lo cual utilizamos un sistema de coordenadas. El eje  $y$  será la altura que puede tomar un proyectil cuando sale disparada y el eje  $x$  será el alcance, es decir, la distancia que viaja sobre la horizontal. La elevación o avance del proyectil depende del ángulo al que es lanzado, es el llamado ángulo de proyección  $\theta_0$ , el cual se forma

con la horizontal, como puede apreciarse en la tabla 1.

Si ignoramos la resistencia del aire y consideramos que tanto la altura de lanzamiento como la de aterrizaje son iguales, el ángulo al que el proyectil alcanzará la mayor distancia horizontal será 45 grados, aunque en realidad hay muchos factores que afectan la trayectoria de un proyectil que raramente 45 grados es el ángulo de mayor alcance. Con el ángulo de proyección y la velocidad inicial, si descomponemos cada uno de los puntos de la trayectoria del proyectil en sus componentes verticales y horizontales, puede conocerse su velocidad

en cualquier punto de la trayectoria, así como su alcance. En este modelo ideal en dos dimensiones no hay aceleración en la dirección horizontal o eje  $x$  y en la dirección vertical o eje  $y$  es  $-g$ . Al no haber aceleración en la dirección horizontal la velocidad a lo largo de esta dirección permanece constante, y su posición dependerá sólo del tiempo (tabla 1).

Ahora, en el caso del movimiento en  $y$ , puede tomarse como movimiento en caída libre, ya que el proyectil tiene una aceleración constante igual a  $-g$ . Por lo tanto, en este modelo ideal en dos dimensiones, puede hablarse de una superposición de dos movimientos: uno en dirección horizontal con velocidad constante y el otro en caída libre en dirección  $y$  (Serway, 2005). Es importante señalar que este modelo desprecia factores muy importantes que en la práctica no pueden ser omitidos, tales como la resistencia del aire, que está relacionada con su temperatura y humedad, pues cambian su densidad, así como del área superficial del proyectil; el efecto Magnus, que es el cambio en la trayectoria por la rotación de un proyectil, el cual puede causar un aumento en su alcance y precisión; y el efecto Coriolis, que causa la deriva que lleva el mismo nombre, es la desviación de un proyectil a consecuencia del vuelo de un punto a otro a través de una superficie rotatoria de un planeta.

### La balística en la toma de Zacatecas

En el caso de la Toma de Zacatecas, debieron tomarse en cuenta la alturas de ambos cerros, ya que éstas no son iguales. El cerro del Grillo tiene una elevación aproximada de 2541 metros, mientras que el cerro de la Bufa tiene 2673 metros. Como se mencionó anteriormente, las alturas de lanzamiento y aterrizaje son importantes porque de ellas depende el ángulo de proyección, cuando el lugar de aterrizaje del proyectil



Foto 1.  
Estatua del General Felipe Ángeles en el cerro de la Bufa en la Ciudad de Zacatecas.

Obtuvo el Posgrado en Ciencias Interdisciplinarias por la UASLP, en donde actualmente estudia el doctorado. Sus investigaciones se enfocan en las propiedades mecánicas de membranas biológicas con proteína actina como un modelo base de la célula.

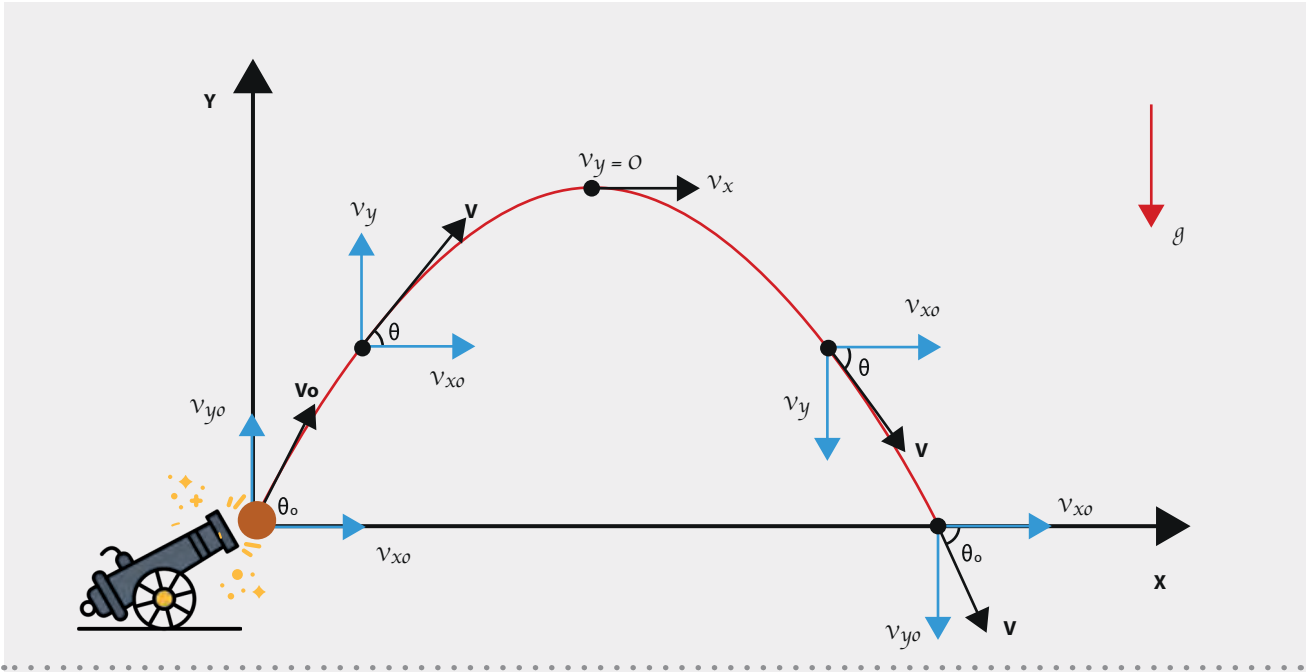


Tabla 1.

Movimiento en dos dimensiones despreciando la resistencia del aire y considerando que sólo la aceleración de la gravedad afecta al proyectil. La velocidad  $v_{x0}$  en la dirección  $x$  es constante y en la dirección  $y$  se toma como movimiento en caída libre. Con el ángulo de proyección  $\theta_0$  pueden conocerse la velocidad y el alcance en cualquier instante de la trayectoria.

se encuentra a una altura mayor que la de lanzamiento, el ángulo de proyección debe ser mayor a 45 grados, lo cual produce una curva más pronunciada. Por el contrario, si el lugar de aterrizaje se encuentra a una altura menor, el ángulo de proyección debe ser menor a 45°. Tomar en cuenta estas variables para apuntar en cañón y lanzar el proyectil a un objeto que se encuentra a una altura mayor fue una admirable estrategia. Incluso, en la ciudad de Zacatecas se cuenta la hazaña de que los proyectiles de los cañones del general Ángeles impactaban justo en la apertura del cañón de las fuerzas federales. En este sentido, el general Ángeles formó las ta-

blas de tiro del cañón Schneider Cannet, armamento adquirido de los franceses y para lo cual se requieren amplios conocimientos de física y matemáticas, como son tiro parabólico, hidráulica y cálculo. También formó las tablas de tiro de cañón de montaña Bange y escribió dos folletos: *Formularios de las velocidades y presiones de las armas de fuego* y *Arreglo del tiro de artillería* (Cervantes, 2019).

Aplicar todos estos conocimientos en balística, con la mente clara y al calor de la batalla, de verdad es algo digno de admiración y reconocimiento. El general Felipe Ángeles fue, sin duda alguna, un genio

adelantado a su tiempo. Los autores esperamos rendir un homenaje a este héroe patrio y que el lector pueda adentrarse en los fundamentos científicos que involucra el lanzamiento de un proyectil y los cuales el general Felipe Ángeles aplicó en sus batallas con gran inteligencia. **UP**

Referencias bibliográficas:  
 Serway, A. R. y Faughn, J. S. (2005). *Física*. (Sexta Edición). México: Thomson.  
 Cervantes, F. (2019). *Felipe Ángeles en la Revolución*. Biografía (1869-1919). México: INEHRM.