

La matemática en la toma de Zacatecas

Juan Antonio Pérez
Unidad Académica de Matemáticas
Universidad Autónoma de Zacatecas

enero 4, 2025

*La sangre de los mártires
fecundiza las buenas causas.*

FELIPE ÁNGELES (1868 - 1919)

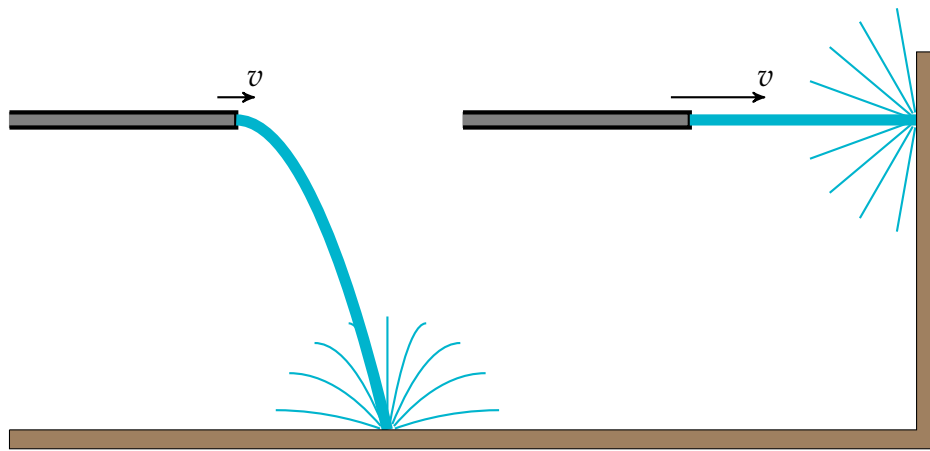
El personaje principal de el texto que justo ahora usted tiene la bondad de leer es el general hidalguense Felipe de Jesús Ángeles Ramírez, quien capturó la atención de quien escribe gracias al trabajo *“Felipe Ángeles, un matemático en la Revolución Mexicana”*, de la pluma del preclaro matemático oaxaqueño Jaime Cruz Sampedro (1955 - 2015), en colaboración con su colega hidalguense, la profesora Margarita Tetlalmatzi Montiel, junto con quien publicó un nutrida cabtidad de productos científicos.

La lectura a la que he aludido me condujo a consultar otras fuentes y con ello llegar a una epifanía histórica que aquí compartiré, al igual por supuesto, que el contenido matemático en la vida y obra del general Ángeles. La formación en esta disciplina científica del hidalguense era bastante sólida y rigurosa, fungiendo como docente en Matemáticas de la Escuela Nacional Preparatoria, además de enseñar tanto Matemáticas como Mecánica Analítica en el Colegio Militar, siendo incluso nombrado director de esta última institución por el presidente Madero en junio de 1912. No permanecería mucho en el encargo; el profesor era un hombre de acción, y decidió unirse a las fuerzas de Villa en 1914.

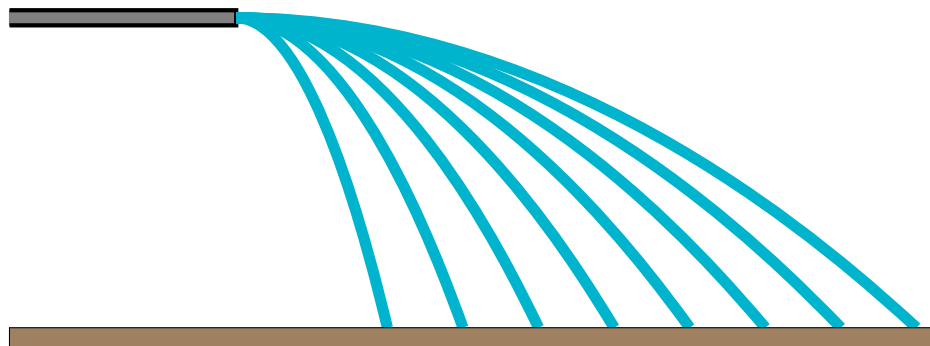
Se conocen al menos dos trabajos de Ángeles publicados en las *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, llamada así en reconocimiento al filósofo y naturalista novohispano José Antonio Alzate (1757 - 1799). El

primero de ellos titulado *“Fórmulas relativas a las velocidades y presiones en las armas”* está fechado en 1896 y trata sobre lo que suele llamarse “balística interior”, es decir, relativa a lo que ocurre con los proyectiles antes de abandonar el arma.

El alcance de un proyectil, así como la precisión con la que alcanza su objetivo dependen de la velocidad con la que es expelido. Se propone al lector un experimento por demás sencillo: haga correr agua a través de un conducto, una manguera, por ejemplo, dejándolo que el líquido caiga libremente. Colocando un dedo en el extremo se incrementa la velocidad de salida, y con ello la horizontalidad del chorro.



Como puede usted verificar fácilmente mientras más horizontal sea la salida del torrente, éste tendrá mayor desplazamiento, y por lo mismo, la precisión con la que se logra el objetivo se incrementa. A mayor velocidad de salida corresponde un mayor alcance.

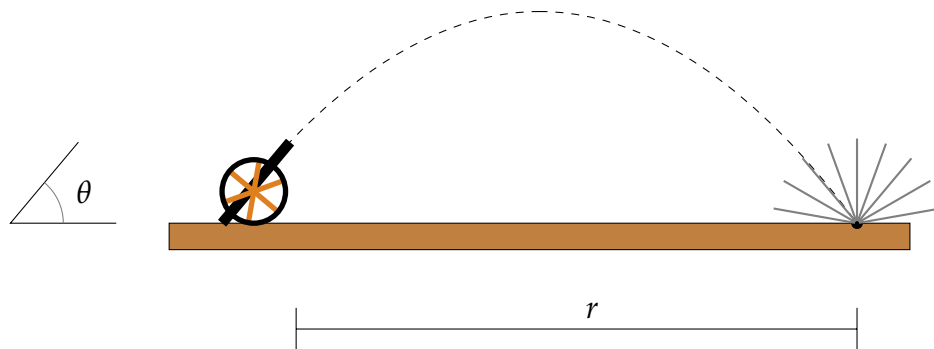


La disertación del general Ángeles se fundamenta en la solución de la *ecuación diferencial de Sarrau*. El proyectil es impulsado por los gases producto de una combustión que se inicia con una mecha en el caso de un cañón o de un gatillo en el caso de un fusil, de acuerdo con la tecnología militar disponible en esa época. La ecuación de Sarrau se publica en 1894, apenas dos años antes que el artículo de Ángeles, lo que es elocuente por lo que hace a su actualización científica.

Al integrar la ecuación aludida se conoce la velocidad del proyectil en cada momento de su paso por el interior del conducto de salida, lo que depende de la forma en la que se quema la pólvora y esto de la composición de la misma.

El general Ángeles, luego de estudiar la ecuación de Sarrau concluye que la fuerza ejercida por la combustión de la pólvora es fundamental para obtener la mayor velocidad de salida posible. Se preguntó enseguida: ¿cuál es la composición óptima de la pólvora para que en el conducto de salida del arma el proyectil alcance la mayor aceleración posible? Este primer artículo se dedica, en buena medida a establecer condiciones químicas sobre la pólvora en la búsqueda de resultados óptimos.

Ahora bien, la velocidad inicial en el interior del cañón, es cero, es decir, el proyectil parte del reposo, así que para obtener la velocidad máxima a la salida, en el interior debe tener la mayor aceleración, en realidad, lo que se conoce como *balística interior* no es sino el estudio termodinámico de un proceso de combustión progresiva.



Experto como era en Mecánica Analítica sabía que, de acuerdo con la segunda ley de Newton, la fuerza que una masa fija ejerce, la del proyectil, se incrementa con la aceleración de acuerdo con $F = ma$, luego la mayor aceleración dentro del cañón, hará al proyectil un objeto más devastador.

El segundo artículo, fechado en 1898 bajo el título "*Principios del Arreglo del Tiro de la Artillería*" se dedica a la llamada "balística exterior", que estudia el comportamiento del proyectil una vez que abandona el arma.

Debido a la atracción gravitatoria del planeta, todas las trayectorias son parabólicas, y el alcance que logra un disparo está dado por la ecuación

$$r = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$$

que expresa claramente la forma en que el valor de r depende del ángulo de tiro θ y de la velocidad v con la que el proyectil sale del cañón. El símbolo g representa la aceleración de la gravedad que es constante sobre la superficie del planeta. La altura, como se observa, es inversamente proporcional al alcance.



Sin la fricción del aire, la acción del viento y de otros factores naturales no controlables por el ser humano, calcular trayectorias no requeriría conocimientos matemáticos más allá de los contenidos en los cursos de física de la educación secundaria. La aleatoriedad con la que se comporta el clima, así como las condiciones del terreno hacen de la balística exterior un asunto probabilístico, y Ángeles da muy buena cuenta de ello en este segundo documento.

Con un gran empeño didáctico, así como un compromiso notable con el rigor matemático, el general Ángeles expone los conceptos básicos de la probabilidad adelantándose a su formulación axiomática por el célebre matemático ruso Andréi Kolmogórov (1903 - 1987) enunciada en 1933. No hay una aportación matemática original en ese trabajo, la probabilidad era estudiada desde el siglo XVI, lo que es notorio es la claridad, es esfuerzo didáctico así como el cuidado del rigor y la precisión con la que el trabajo es expuesto.

Destaca la manera en la que explica la forma de calcular un error. La probabilidad p de cometer un error cuya magnitud esté comprendida entre los valores a y b , con $a < b$ se obtiene mediante

$$p = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{a^2 h^2} b$$

donde h es una constante conocida como *módulo de precisión*, y que corresponde al tipo de arma usada; se obtiene experimentalmente y es una medida de la capacidad del arma para “dar en el blanco” repetidamente.

Otra característica a destacar sobre el general Ángeles es su notable vocación docente, lo que lo llevó a redactar un texto bajo el título “*Mecánica Analítica*” publicado hacia 1898, y que fue reimpresa por el IPN el 2005. Fue un profesor tan respetado que no tuvo empacho en reprobar a un hijo del presidente Díaz. De hecho, Díaz mismo, así como quien fuera su secretario de Hacienda José Yves Limantour Marquet (1854 - 1935) enviaron sendas cartas desde el exilio en 1914, intentando proponer políticas públicas al gobierno de la Revolución a través de él.

A Felipe Ángeles se le identifica como estratega y artillero en la Toma de Zacatecas en 1914, al mando de Villa, pero es tal vez menos conocido que su adhesión a las fuerzas villistas fue probablemente la causa por la que las huestes carrancistas lo sentenciaron a morir fusilado, lo que tuvo lugar en noviembre de 1919. No importó que gracias a esa justa se concretó la derrota de la fuerzas al mando del usurpador Victoriano Huerta (1845 - 1916), asesino del presidente Madero (1873 - 1913) por instrucción de embajador norteamericano Henry Lane Wilson (1857 - 1932).

Hombre de ciencia, de armas y de dignidad, Ángeles declaró a unas horas de su fusilamiento, además de la frase en el epígrafe, que su muerte haría más bien a la democracia que todos sus intentos en vida, y que si no había temido a la vida, no tendría razón alguna para temer a la muerte.