

# ***Robert Goddard y sus Cohetes***

*Autor: Dr. David P. Stern*

*Traducción al español: J. Méndez*

## **Primeros Cohetes**

Los cohetes fueron inventados por los chinos, como consecuencia de su invención de la pólvora, alrededor del año 1000, quizás antes. Los cohetes añadieron una nueva dimensión a los fuegos artificiales, otra contribución china, pero, inevitablemente, también fueron usados para la guerra, como misiles para quemar las ciudades enemigas.

Los británicos los conocieron cuando las tropas indias, bajo el Sultán Tipoo, las emplearon contra ellos. William Congreve, un oficial británico, desarrolló un cohete militar y en 1806 impulsó su uso contra Napoleón. "El rojo resplandor de los cohetes" del himno norteamericano se refiere a la utilización de cohetes Congreve en 1814 en un fallido ataque británico sobre Fort McHenry, en las afueras de Baltimore. El blanco de esos cohetes era muy inexacto, y su uso declinó como mejora de la artillería. Sin embargo, se vendieron cohetes comerciales para su uso en los barcos, para enviar una cuerda a tierra en caso de naufragio.

Los cohetes, todavía, son la única forma verosímil de alcanzar el espacio exterior. Un visionario que se dio cuenta de esto fue Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935), un maestro ruso que impulsó con entusiasmo los vuelos espaciales y escribió libros sobre el asunto, antes de que la idea recibiera una estimación seria.

## **Goddard**

Otro fue el joven estadounidense, Robert Hutchins Goddard (1882-1945), un nativo de Worcester, Massachusetts. La familia Goddard estaba en la casa de unos amigos en los suburbios de Worcester el 19 de Octubre de 1899, cuando él se subió a un viejo cerezo para podar las ramas viejas. En lugar de eso, comenzó a soñar:

*"Era uno de esas bellas tardes tranquilas y coloridas que tenemos en Octubre en Nueva Inglaterra, y cuando miré hacia los campos del este, imaginé lo bello que sería hacer un aparato que tuviera la posibilidad de elevarse hacia Marte, y como se vería a pequeña escala, si se enviara desde el prado a mis pies."*

Aquí fue cuando el joven Goddard decidió perseguir la idea de los vuelos espaciales. Más tarde escribió:

*"Era un chico diferente cuando descendí del árbol, por que la existencia al fin parecía tener una finalidad."*

El 19 de Octubre 19 se convirtió en el "Día del Aniversario" apuntado en su diario como un festivo personal. Por ejemplo, en 1913, hizo la siguiente lista de prioridades ("orden") de cosas a realizar: Worcester, 19 de Octubre de 1913 (Día del Aniversario).

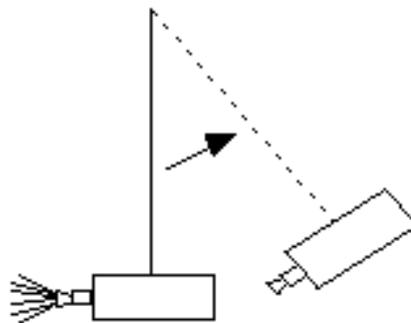
Orden: Completar la aplicación de patente, si es necesario, de la tobera y la pluralidad; sacar la aplicación sobre la característica de recarga; también completar la aplicación para la bomba eléctrica; repetir el cálculo cuidadosamente, para pequeños intervalos;

buscar la teoría del movimiento lunar de Darwin; y buscar meteoros. También probar un jet.

La aplicación de patente fue la patente US #1,103,503, concedida en Julio de 1914 junto con una antigua, la #1,102,653. "Pluralidad" fue el término usado por Goddard para el cohete multietapas, y las patentes también cubrían la tobera de expansión y el combustible líquido, aunque Goddard no lo experimenta hasta 1915 y 1922, respectivamente.

## Los primeros experimentos de Goddard con cohetes

En 1915, siendo profesor asistente en la Clark University, Worcester, comenzó los experimentos sobre la eficiencia de los cohetes. Compró algunos cohetes comerciales y midió su empuje usando un péndulo balístico, una masa pesada suspendida por cuerdas, a la que sujetaba el cohete. Se encendía el cohete, y la altura a la que se elevaba el péndulo suministraba la medida del momento total (velocidad masa tiempo) comunicado.



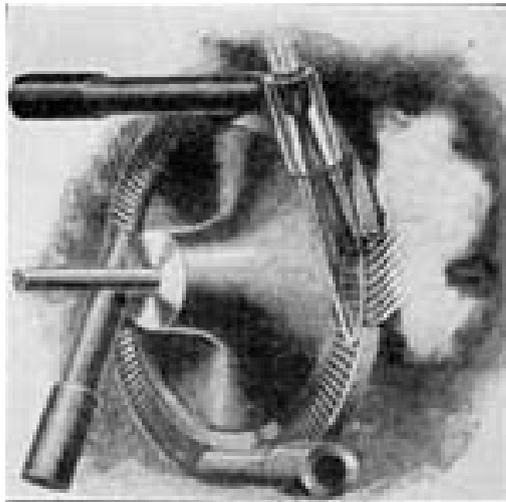
Se puede mostrar, por las leyes de Newton, que el momento total de un sistema libre de fuerzas exteriores se conserva; esta es realmente otra formulación de la conservación del centro de gravedad, mencionada en la discusión sobre la propulsión del cohete. Por consiguiente, el momento dado al péndulo en una dirección tiene que ser igual al momento  $mv$  comunicado al chorro de gas del cohete y ese momento determina la longitud y la altura de su oscilación. Pesando el cohete antes y después de su encendido, Goddard pudo deducir la masa  $m$  de los gases expulsados y de ellos deducir  $v$ . Para un cohete naval Coston, encontró que  $v$  era de unos 1000 ft/sec (300 m/s).

## La Tobera De Laval

Un cohete es esencialmente una máquina calorífica, un aparato para convertir la energía calorífica (obtenida de la energía química del combustible) en energía mecánica, siendo aquí la energía cinética  $mv^2/2$  de su chorro. Conociendo  $m$  y  $v$ , Goddard pudo deducir la energía cinética suministrada al gas, quemando una cantidad medida de combustible, absorbiendo el calor (p.e. en agua) y midiendo el aumento de temperatura, también se obtiene la cantidad total de energía química convertida. La conclusión fue muy decepcionante: solamente el 2% de la energía disponible contribuía a la velocidad del chorro.

Se podría mejorar?. Felizmente para Goddard, este problema había sido resuelto por Gustav De Laval, un ingeniero sueco de ascendencia francesa. Probando el desarrollo de una máquina de vapor más eficiente, De Laval diseñó una turbina cuya rueda giraba mediante chorros de vapor.

El componente crítico, en el que la energía calorífica del vapor de alta presión procedente de una caldera se convertía en energía cinética, era la tobera desde la que el chorro soplaba sobre la rueda. De Laval encontró que la conversión más eficiente ocurría cuando la tobera primero se estrechaba, aumentando la velocidad del chorro hasta la velocidad del sonido y luego se ensanchaba de nuevo. Por encima de la velocidad del sonido (pero no por debajo) este ensanchamiento causaba un mayor aumento de velocidad del chorro y producía una conversión muy eficiente de la energía calorífica en movimiento. Hoy en día las turbinas de vapor son los equipos de potencia preferidos en las centrales eléctricas y en los grandes barcos, aunque normalmente tienen un diseño diferente, para hacer un mejor uso del rápido chorro de vapor; la turbina De Laval tenía que girar a una alta velocidad impracticable. Pero para los cohetes la tobera De Laval fue justo lo que se necesitaba.



Turbina De Laval - Cuatro toberas, una en corte transversal

Goddard experimentó sobre el péndulo balístico con varios diseños de toberas, usando una pequeña cámara de combustión llena de un tipo de pólvora, encendida por electricidad. El final de la cámara estaba roscado para que pudieran atornillarse toberas de diferentes tipos y probarse. Usando una tobera De Laval, obtuvo velocidades de chorro entre 7000 y 8000 ft/sec y eficiencias de hasta un 63%. Luego reemplazó el péndulo por un aparato más compacto en el cual el empuje de los cohetes no elevaba un péndulo contra la gravedad, sino comprimían un muelle calibrado. Con este aparato mostró que (contrariamente a afirmaciones frecuentes) los cohetes trabajan también igual en el vacío.

Como Goddard observó, esto hace a los cohetes la más eficiente de las máquinas caloríficas, mejor que las máquinas de vapor alternativas (21%) y motores Diesel (40%). No es para maravillarse: de la 2ª ley de la termodinámica, la eficiencia teóricamente alcanzable de una máquina calorífica aumenta con su temperatura de operación, y no hay otra máquina calorífica que funcione tan caliente como un cohete.

La tobera De Laval cambió los vuelos espaciales desde un vago sueño a una posibilidad real. Goddard comunicó sus resultados a la Smithsonian Institution en Washington y requirió ayuda para desarrollar un cohete capaz de investigar la alta atmósfera. Su proyecto original (la "característica de recarga" en su lista de prioridades) era alimentar la cámara de combustión con trozos sólidos de combustible, en forma similar en como

se alimentan los cañones con balas. En Enero de 1917 el Smithsonian respondió con una subvención de \$5000, y Goddard comenzó su estudio y uso de los cohetes.

Después de que Estados Unidos entró en la I Guerra Mundial, Goddard también trabajó un corto tiempo sobre cohetes militares, pero no se usó ninguno de sus diseños, aunque cohetes algo similares a sus diseños se convirtieron, durante la II Guerra Mundial, en un arma efectiva contra los tanques; fueron conocidas como bazookas.



Un motor de cohete en el Smithsonian, con un corte abierto mostrando la tobera convergente-divergente DeLaval

## Combustible Líquido

La idea de alimentar el cohete con una corriente continua de cargas sólidas también se probó que era irrealizable, y en 1922 Goddard volvió a su idea alternativa, propuesta independientemente por Hermann Oberth en Alemania y también apuntada por Tsiolkovsky: un cohete de combustible líquido. Tendría dos líneas hacia su cámara de combustión, una alimentando combustible y la otra oxígeno, similar a los sopletes de soldadura, excepto que las dos líneas llevarían líquido, no gases; en el diseño de Goddard gasolina y oxígeno líquido.

Ese cohete prometía una gran eficiencia, pero también poseía serios desafíos tecnológicos. Ambos fluidos tenían que bombearse de forma estable, y uno de ellos, el oxígeno líquido, era extremadamente frío. La combustión a alta temperatura del oxígeno puro requiere materiales resistentes al calor y para superar eso, Goddard desarrolló la técnica de hacer que el oxígeno enfríe la cámara de combustión en su paso desde el tanque de combustible. Este método aún se usa: en la foto superior, la parte exterior de la tobera está cubierta con un gran número de tubos metálicos, a través de los que el combustible frío fluye hacia la cámara de combustión. Otro problema completamente nuevo que encontró Goddard fue la orientación y el control del cohete en vuelo.

El 16 de Marzo de 1926, Goddard probó el vuelo de su primer cohete de combustible líquido. Pensó que obtendría un vuelo estable montando el cohete por delante del tanque de combustible, con el tanque protegido de la llama por un cono metálico y con las líneas para el combustible y el oxígeno traccionándolo por detrás: el diseño funcionó, pero no tuvo la estabilidad esperada. El cohete inició la combustión unos 20 segundos antes de alcanzar suficiente empuje (o suficiente aligeramiento del tanque de combustible). Durante ese tiempo se fundió parte de la tobera, y la cámara con la que Mrs. Esther Goddard estaba intentando grabar el vuelo se quedó sin filme, por lo que no existe una grabación de ese vuelo. Despegó hasta una altura de 41 pies, se niveló y cayó al suelo, todo en 2.5 segundos, dando un promedio de una 60 mph.



Robert H. Goddard al lado del cohete de combustible líquido en 1926  
El cohete está en la parte superior, recibiendo su combustible  
por dos líneas desde el tanque en la base

El concepto de Goddard parecía validado, pero estaba muy lejos de ser un diseño práctico. Desafortunadamente trabajó solo, sin los recursos técnicos de una gran institución. En los años que siguieron continuó desarrollando sus cohetes, controlando su movimiento mediante giroscopios, dirigiéndolos con pequeñas cambios en el chorro escape, y construyendo cohetes mayores y más veloces. Fueron probados en pie sobre el suelo y en vuelo libre, la mayoría en el laboratorio de cohetes que construyó en Roswell, New Mexico.

Pero la realización de su sueño recayó sobre otros que disfrutaron de ayuda militar ó nacional. Goddard, infelizmente, nunca vivió para ver la era espacial. Murió de cáncer el 10 de agosto de 1945 en Baltimore.