

# **COHETE DE AGUA**

**MARIA DE LOS ANGELES GONZALEZ CALDERON**

**JOSE ALFREDO LOZANO**

**FÍSICA TERMODINAMICA**

**ECCI**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES**

**2013**

## COHETE DE AGUA

### Objetivos:

Construir cohetes propulsados por agua para comprender el funcionamiento de varios principios físicos tales como:

- El principio de Pascal.
- El principio de acción o reacción (3ª ley de Newton).
- Leyes de movimiento como el tiro parabólico.
- Caída libre con rozamiento.
- Aerodinámica.
- Construir un cohete propulsado con presión que sea realizado con materiales de bajo costo
- Conocer sobre el uso de los cohetes en la actualidad y su importancia para nuestra sociedad.
- Adquirir habilidad para predecir y verificar resultados

## ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la década de 1960, el Japón importó cohetes de agua de juguete fabricados en Alemania y los Estados Unidos. A mediados de 1980 se realizaron competiciones de cohetes de agua en Escocia.

Las botellas de polietileno tereftalato (PET) para bebidas gaseosas, que es el material que se utiliza generalmente para fabricar cohetes de agua, fueron empleadas por primera vez en 1974 en los Estados Unidos de América y su uso aumentó rápidamente a medida que se difundían entre los consumidores.

La idea de fabricar cohetes impulsados por aire a presión surgió en el año 1983 como proyecto fin de carrera en una universidad de EEUU. Desde entonces, el prototipo de cohete propulsado con agua ha ido ganando popularidad hasta ser usado por la NASA en busca de nuevos talentos por colegios americanos.

El principio básico que rige cualquier lanzamiento de cohetes, sea cual sea su medio de propulsión, es la 3ª ley de Newton, conocida también como Principio de acción-reacción

Cualquier acción aplicada sobre un cuerpo provoca una reacción sobre el mismo cuerpo, de igual magnitud y opuesta a la primera Acción. Además de este principio básico, para entender completamente cómo se mueve el cohete hay que tener en cuenta otros elementos que intervienen en el proceso

En primer lugar, la fuerza de la gravedad la empuja al cohete hacia abajo. Como es sabido, esta fuerza es mayor cuanto más masa tiene el cohete.

En segundo lugar, el rozamiento del aire hace que el cohete no alcance la velocidad teórica que debería alcanzar por las fuerzas que se producen en él. Cuanto más rápido se mueva el cohete, mayor será el rozamiento del aire. Además, el rozamiento del aire depende de la forma del cohete y de varios factores más (densidad del aire, posición del cohete mientras sube...)

Según la 3ª ley de Newton, la reacción se produce sobre el mismo cuerpo que realiza la acción. En el caso del cohete, es él mismo quien realiza la acción, la conversión de energía

## MARCO TEORICO

El principio que explica la propulsión de un cohete de agua es la ley de la conservación de la cantidad de movimiento, que es otra forma de llamar a la 3ª ley de Newton o principio de acción-reacción. Este principio establece que en ausencia de fuerzas externas la cantidad de movimiento de un sistema,  $\mathbf{p}$ , que es el producto de su masa por su velocidad, permanece constante o lo que es lo mismo su derivada es igual a cero:



Cohete de botella típico.

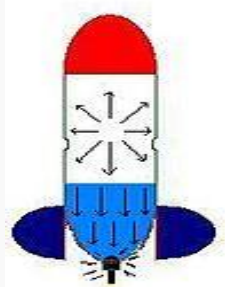
$$\frac{dp}{dt} = 0$$

De esta ley, con los oportunos pasos matemáticos y sustituciones, se deriva la ecuación del cohete de Tsiolkovski:

$$v = v_u \ln \frac{m_0}{m}$$

Donde  $v$  es la velocidad instantánea,  $v_u$  la velocidad de salida del fluido por la boca,  $m_0$  la masa total inicial y  $m$  la masa en cada momento.

La propulsión del cohete de agua puede esquematizarse como un sistema en el cual se va a producir la expulsión hacia atrás de una parte de su masa (el agua) lo que provocará un empuje que propulsará al resto del sistema hacia delante (acción-reacción), compensándose la cantidad de movimiento total del sistema. La energía mecánica necesaria para la expulsión de esta fracción de masa se almacena en el sistema como energía potencial en forma de gas a presión. Con la expulsión esta energía se irá convirtiendo en energía cinética, las del movimiento del agua y el cohete.



Esquema de las fuerzas en el interior de un cohete cargado.

La expansión del aire comprimido se produce relativamente deprisa, unos 0,2 s, lo que no permite un intercambio térmico, por lo que esta expansión puede considerarse un proceso adiabático. Aplicando esta consideración se puede derivar la fórmula que describe la fuerza teórica que sigue el agua al ser expulsada (la ecuación de la tobera De Laval) que será de la misma intensidad que la que empuja al cohete, quedando así:

$$F = 2\pi r^2 P$$

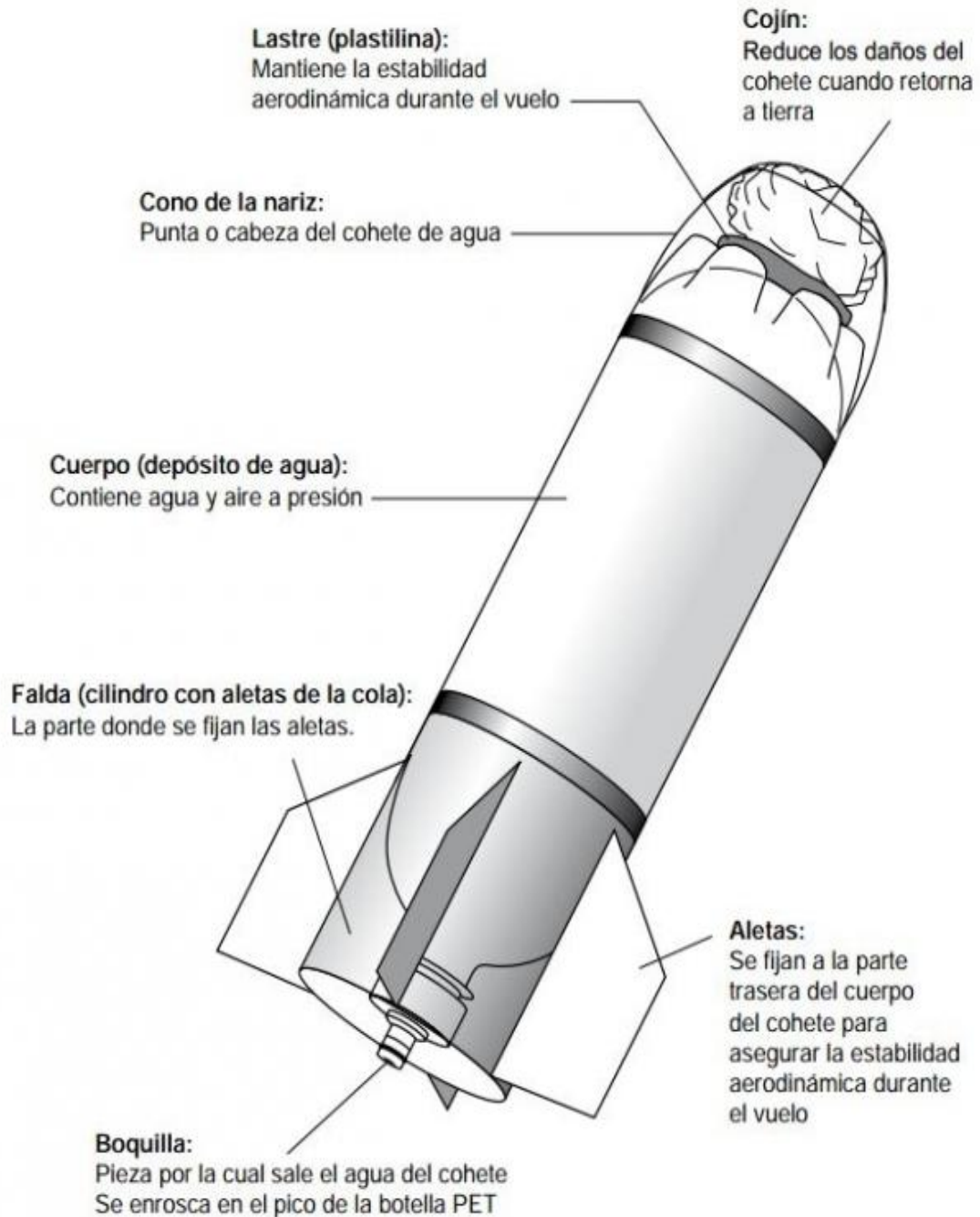
Donde  $F$  es la fuerza de propulsión,  $r$  es el radio de la boca y  $P$  la diferencia de presión entre el interior y el exterior.

Además en su movimiento el cohete estará sometido a la fuerza de la gravedad y a la resistencia producida por la fricción con el aire que depende de las leyes de la fluidodinámica. La ecuación final de su trayectoria es muy compleja y se resuelve numéricamente por medio de varios programas de simulación disponibles en internet.

La estabilidad de vuelo del cohete estará condicionada por la posición del centro de masas y de la posición del centro de presión aerodinámica. El primero tiene que encontrarse siempre delante del segundo y a una distancia que se estima empíricamente como óptima cuando ambos están separados alrededor del doble del radio del cohete. Para distancias inferiores el vuelo puede resultar inestable.

El centro de presión aerodinámica representa el punto en el cual se podrían concentrar de forma equivalente todas las fuerzas que frenan el movimiento del cohete debido a la resistencia del aire. El cálculo de su posición es muy complejo, pero gracias al trabajo de James Barrowman (publicado en 1966) se puede resolver usando un sistema de ecuaciones simplificado. Un método alternativo más fácil es encontrar el (baricentro) de una silueta de papel con la misma forma que la proyección lateral del cohete. Este punto es muy cercano al verdadero centro de presión aerodinámica. Además la posición del centro de presión aerodinámica se puede ajustar en cierta medida modificando la posición y dimensiones de los alerones.

## PLANO DEL COHETE DE AGUA



## **FUNCIONAMIENTO**

### **1ª FASE: EL LLENADO DE "COMBUSTIBLE"**

El cohete va a funcionar utilizando como "combustible", un líquido que propulsará el cohete, en nuestro caso, agua utilizando el principio de acción y reacción.

En nuestras pruebas la cantidad óptima es alrededor de 1/3 de la capacidad de la botella, para cantidades mucho mayores, (más de la mitad) la botella despegará con gran parte de agua en su interior lo que hará que alcance una menor altura, en caso contrario, si se ha llenado con poca agua, se realiza un menor impulso inicial y también alcanzaremos menor altura, el llenado es pues, una fase importante, debemos, realizar distintas pruebas hasta determinar la cantidad de agua más adecuada.

### **2ª FASE: EL TAPONADO Y PUESTA EN MARCHA**

Una vez cargada, tapamos nuestra botella con un tapón de corcho o de goma de laboratorio, en el que previamente hemos introducido una aguja de inflador de balones o un canutillo de bolígrafo.

Esta es la fase más crítica, en la construcción de los cohetes de agua y de ella depende gran parte del éxito del vuelo, el tapón debe quedar lo más hermético posible, para que en el momento del inflado no pierda agua, además cuanto más apretado este más presión de aire soportará por tanto el impulso inicial y la altura alcanzada será mayor.

### **3ª FASE: EL INFLADO Y DESPEGUE**

Después de taponar bien el cohete y conectar la goma del inflador colocamos, con ayuda de una plataforma, el cohete en posición vertical o inclinada en el caso de que queramos un vuelo parabólico y comenzamos a llenar la botella con ayuda del compresor de bicicleta, debemos tener paciencia porque esta fase puede llevar varios minutos.

Al llenar el cohete de aire y comprimirlo estamos aumentando la presión en su interior, cuando la presión llega a un determinado valor el tapón salta y el líquido es desplazado contra el suelo, de esta forma se realiza una fuerza contra el mismo a la que según la tercera ley de Newton se le opone otra fuerza igual y en sentido contrario, esta fuerza es la que hace que los cohetes se eleven.

Por lo tanto podemos afirmar, como hemos dicho antes que la altura que toman los cohetes es directamente proporcional a la presión a la que son sometidos los cohetes; esto quiere decir que a mayor presión mayor altura.

La presión a la que podemos someter los cohetes esta relacionada con lo ajustado que este el tapón, cuanto mas ajustado, podremos introducir más aire, y por lo tanto saldrá con mayor velocidad.

#### **4ª FASE: EL VUELO Y ATERRIZAJE**

1. El agua sale hacia abajo impulsando los cohetes, y haciendo que estos salgan despedidos; en el momento en que salen su velocidad es máxima, de unos 20 m/s. Como dato curioso es interesante reseñar que la velocidad a la que debe ir un cohete real para vencer el campo gravitatorio terrestre es de 11 km/s.

2. Debido al rozamiento con el aire, y sobre todo a su peso que los atrae hacia la tierra debido a la atracción gravitatoria, los cohetes tienen una deceleración de  $9,8 \text{ m/s}^2$  que los va frenando hasta alcanzar una altura máxima (25-100 m), en este momento su velocidad es 0 m/s.

3. A partir de este momento los cohetes comienzan a descender, en el descenso se activa el sistema de apertura automática del paracaídas; que hace que el paracaídas se abra y este decelera la caída de los cohetes, que de esta forma caen con más suavidad evitando así que se dañen y haciendo posible su reutilización.



## DESARROLLO DEL PROYECTO

### Materiales:

<u>Básico</u>	<u>Mejoras ( opcional)</u>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Botella de plástico (2l o 1,5 l)</li><li>- Cinta gruesa</li><li>- Cartón paja</li><li>- Bomba para inflar llantas</li><li>- Tapón de corcho o de goma</li><li>- Válvula de bicicleta</li><li>- Agua</li><li>- Aguja de válvula o canutillo de bolígrafo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Hilo y bolsas de plástico para (paracaídas)</li><li>-Cartón (para hacer un cono)</li><li>-Cartón (para alerones)</li><li>-Pinturas de colores</li></ul>

### MATERIALES QUE UTILIZAMOS



1. Inicialmente trabajamos con una botella PET de 600 ml y los demás materiales vistos en la fotografía



2. Se procedió a la construcción del cohete donde introducimos el corcho en la boquilla de la botella, se elaboro el cono para la punta para que amortigüe el aterrizaje



3. Se elaboraron alerones y se forro la botella se introduce dentro del corcho la válvula para imprimir el aire al interior de la botella



#### 4. DISEÑO FINAL DEL COHETE



5. Inicialmente como base de lanzamiento tenemos una que nos permite dar grados a la practica del lanzamiento esta se realizo con un angulo de  $40^\circ$



6. Se lleno la botella con agua aproximadamente 350 ml para la propulsion de este



7. Con la bomba manometrica se dio aire a la botella para que se propulsara y el espacio recorrido con las pruebas que se hicieron el maximo fue de 5 metros

