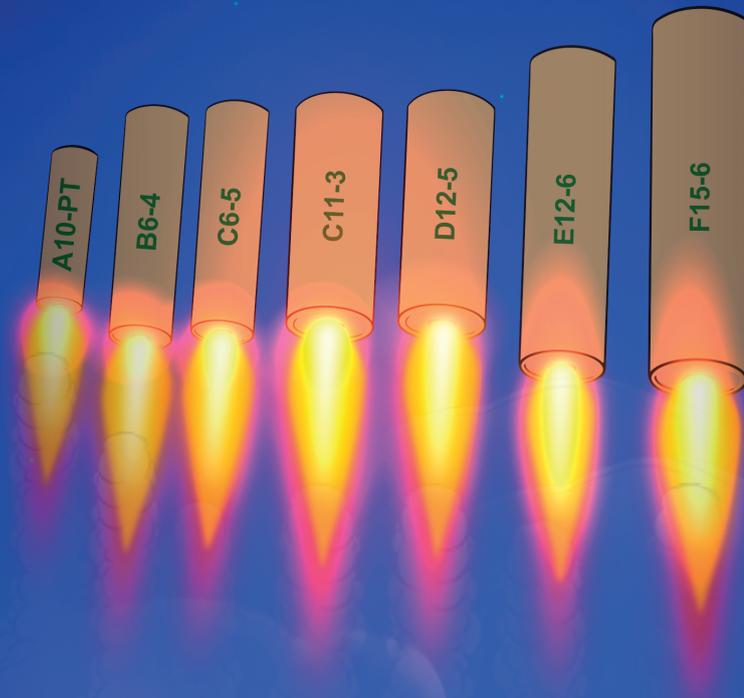




CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES COHETE EN MODELISMO ESPACIAL



Clasificación de los motores cohete en Modelismo Espacial

Construir tu cohete es solo el primer paso hacia un vuelo exitoso; necesitas un motor para hacerlo volar. Los motores vienen en una amplia variedad de tamaños y potencias. Comprender las diferencias entre los distintos motores es clave para decidir qué motor usar.

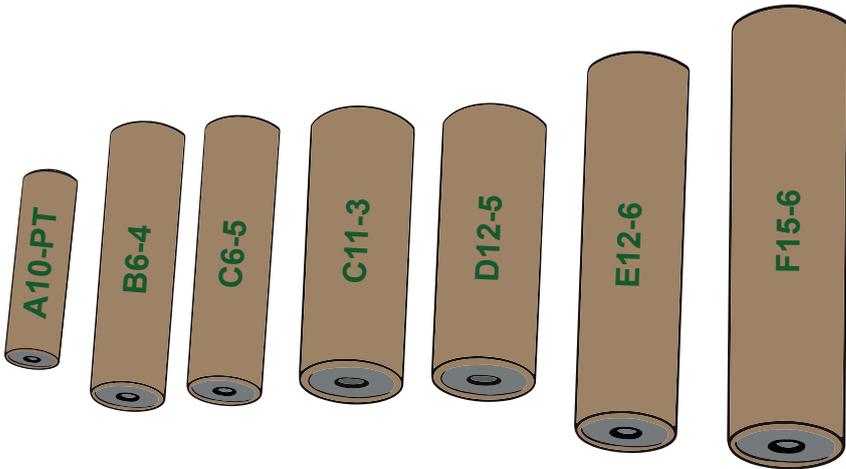


Fig. 1 - Varios tamaños y tipos de motores cohete de pólvora negra

Su motor necesita tener la cantidad adecuada de potencia. Demasiada potencia, y el cohete literalmente podría desintegrarse; si no es suficiente, el cohete podría simplemente quedarse en la plataforma de lanzamiento. El motor también debe tener la "carga de retardo" correcta para desplegar el sistema de recuperación. Una carga de retardo demasiado corta y el sistema de recuperación puede desprenderse del cohete; si es demasiado larga, el cohete puede impactar el suelo antes de que se despliegue el sistema de recuperación. Este artículo le ayudará a aprender cómo elegir el motor correcto para su cohete.

¿Cómo podemos diferenciarlos y compararlos entre sí? Esto resulta fácil gracias al sencillo sistema de codificación que tiene cada motor. Este sencillo sistema de clasificación no sólo nos permite distinguir un motor de otro, sino que también nos brinda información básica sobre el motor, que puede usarse para ayudarnos a seleccionar el motor adecuado para nuestros cohetes.

La potencia del motor constituye una forma muy conveniente de comenzar la clasificación del motor de cohete, por lo que se describirá primero. La potencia del motor se llama **impulso total**. Un impulso es el producto de la "fuerza" por el "tiempo" en que se aplica dicha fuerza. El impulso total es entonces el producto de la fuerza y la duración durante la cual se aplicó. En cohertería, la fuerza es el "empuje" producido por el motor, y el "tiempo" es aquel lapso durante el cual el motor del cohete produce empuje.

Para explicar este concepto se utilizarán varios ejemplos. Supongamos que el motor de un cohete produce una fuerza de empuje de 10 Newtons durante un segundo. En la figura 2 se muestra una representación gráfica.

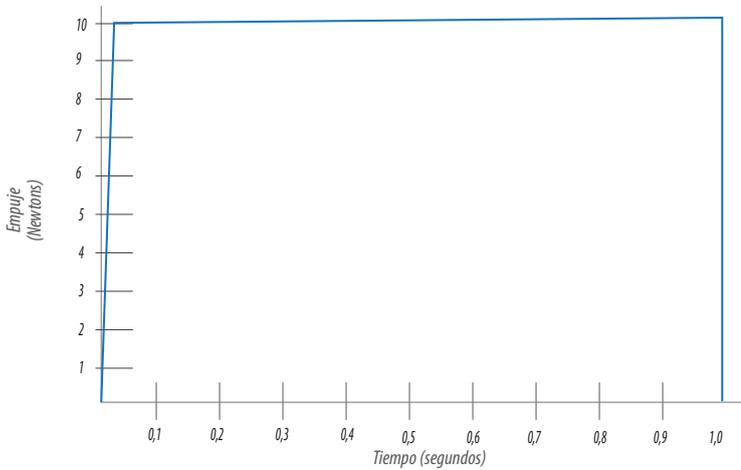


Fig. 2 - Curva de "Empuje vs tiempo" genérica para un motor cohete de 10 N-s de Impulso Total

Entonces el impulso total del motor del cohete es:

$$I_t = \text{Empuje} \times \text{tiempo} = (10 \text{ N}) \times (1\text{s})$$

$$I_t = 10 \text{ Ns}$$

Este es el impulso del motor del cohete durante ese segundo. Si asumimos que durante ese segundo se consumió todo el propelente, diríamos que el impulso total (I_t) que podría producir el motor es de 10 Newton-segundos. Como puede verse en la gráfica, el impulso total es igual al área de ese rectángulo. No importa la forma del gráfico, el impulso total siempre es igual al área bajo la "curva".

Debido a que el impulso total es el área bajo la curva del gráfico, la cantidad de empuje que crea el cohete durante su combustión realmente no importa al designar la "potencia" del cohete. Entonces, un motor cohete que tiene un empuje de 20 newtons durante una duración de 0,5 segundos tiene la misma cantidad de potencia que un motor que produce 10 newtons de empuje durante 1,0 segundo (10 Newton-segundos).

Así pues, como el impulso total del motor no depende de la forma en que se quema el propelente, ni del nivel de empuje producido, ni del tipo de propelente quemado, se puede ver fácilmente que es un indicador útil que se puede utilizar para comparar diferentes motores de cohetes. Si un motor tiene un impulso total mayor que otro, se dice que tiene "más potencia".

La utilidad del número que indica el impulso total de un motor ha derivado en una forma sencilla de clasificar los motores cohete en el modelismo espacial y en la cohetaría deportiva (los cohetes profesionales, como el transbordador espacial, no se clasifican de esta manera). Desde principios de los años 1960, los motores cohete se han clasificado según un rango específico de su impulso total.

El valor arbitrario de 2,50 Newton-segundo se ha definido como motor "A". Aumentando hacia arriba en el nivel de potencia, un motor "B" tiene el doble de potencia que el motor "A", por lo que se ha fijado en 5,0 Newton-segundo (figura 3). Entonces, para aumentar al siguiente nivel de potencia, simplemente duplicamos el impulso total de la clasificación del motor anterior.

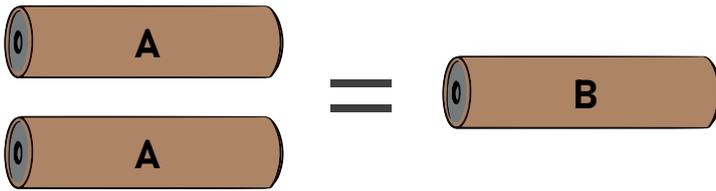


Fig. 3 - Un motor "B" es equivalente a dos motores "A"

La clasificación se ha fijado en valores "máximos" de impulso total. Esto significa que un motor "B" puede tener un impulso total máximo de 5,00 Newton-segundo.

Si el motor tuviera un empuje base de 5,01 Newton-segundo, se clasificaría como un motor "C".

A continuación se muestra un cuadro que muestra la clasificación de los motores cohete y el impulso total que produce cada motor.

Letra	Impulso total (Ns)
1/4A	da 0.312 a 0.625
1/2A	da 0.626 a 1.25
A	da 1.26 a 2.5
B	da 2.6 a 5
C	da 5.01 a 10
D	da 10.01 a 20
E	da 20.01 a 40
F	da 40.01 a 80
G	da 80.01 a 160
H	da 160.01 a 320
I	da 320.01 a 640
J	da 640.01 a 1280
K	da 1280.01 a 2560
L	da 2560.01 a 5120
M	da 5120.01 a 10240
N	da 10240.01 a 20480

Esta tabla se puede ampliar tanto como sea necesario para clasificar motores aún más grandes. El sistema de clasificación se basa en unidades del sistema internacional. Si los valores de un motor en particular están en unidades inglesas (libras fuerza de empuje), puede convertirlos a unidades del sistema internacional recordando que una libra equivale a 4,45 Newtons.

Esta tabla se puede ampliar tanto como sea necesario para clasificar motores aún más grandes. El sistema de clasificación se basa en unidades del sistema internacional. Si los valores de un motor en particular están en unidades inglesas (libras fuerza de empuje), puede convertirlos a unidades del sistema internacional recordando que una libra equivale a 4,45 Newtons.

Todos los motores cohete en el modelismo espacial y la cohetaría deportiva tienen un código de designación impreso que es como la "placa" de dicho motor, y brinda información específica sobre cómo funciona. Por ejemplo, el código de designación en el motor "C6-5" lo diferencia del que tiene la etiqueta "B6-4" (figura 4).

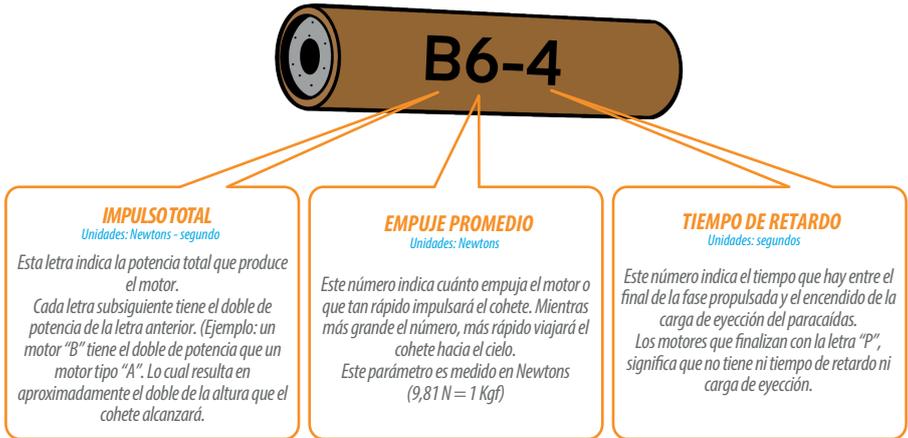


Fig. 4 - Sistema de clasificación de motores cohete (Cohetería deportiva)

La primera letra del código de designación indica el nivel de potencia del motor o su **impulso total**, como fue explicado anteriormente. Esta letra le ayudará a elegir un motor para su cohete proporcionándole una altura relativa entre dos motores. Por ejemplo, un motor "C" elevará un cohete aproximadamente el doble que un motor "B", porque tiene el doble de la cantidad de energía disponible. De manera similar, el motor "C" volará aproximadamente cuatro veces más alto que un motor "A", porque tiene aproximadamente 4 veces la potencia de un motor "A".

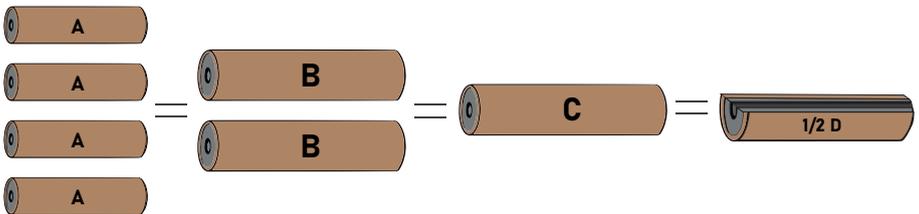


Fig. 5 - Equivalencia de potencia entre los motores

Si hay una "fracción" delante de la letra, indica que el motor tiene esa fracción de potencia del motor "A". Por ejemplo, un motor "1/2A" tiene la mitad de potencia total que un motor "A". Así, un motor "1/4A" tiene una cuarta parte de la potencia de un motor "A".

El primer número del código (después de la letra) indica el **empuje promedio** producido por el motor. Este nivel se expresa en Newtons. Este número nos da una indicación muy general de la forma de la curva de empuje del motor. Por ejemplo, un motor "B7-5" produce un promedio de 7 Newtons de empuje durante su tiempo de funcionamiento (figura 5).

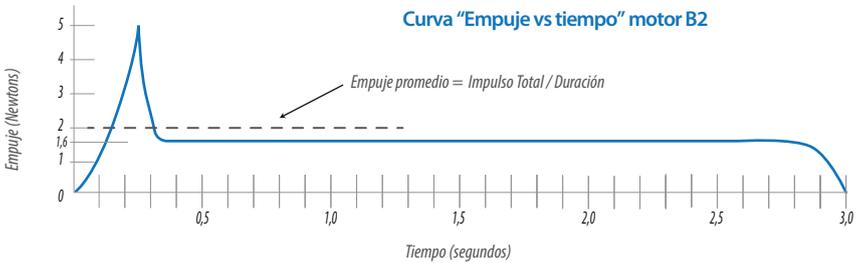
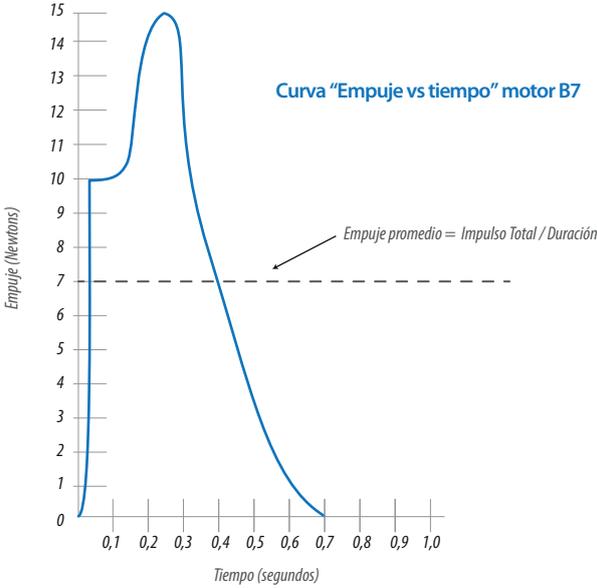


Fig. 5 - Curvas de "Empuje vs tiempo" para un motor de alto empuje y uno de bajo empuje

Comparemos los gráficos de la **figura 5**, un motor cohete "B7-5" y un motor "B2-5". Aunque ambos motores tienen la misma potencia y deberían volar aproximadamente a la misma altura, el motor "B7-5" produce más empuje, pero tiene un tiempo de combustión muy corto en comparación con el motor "B2-5".

De las gráficas anteriores podemos obtener muchísima información del motor. Por ejemplo, el empuje promedio se obtiene dividiendo el impulso total que produce el motor por el tiempo que el motor produce empuje. Así, un motor "B" que tiene un impulso total de 5 Newton-segundo y se quema durante 0,7 segundos tendría un empuje promedio de 7,1 newtons ($5 \div 0,7 = 7,1$), este valor se "redondea" a "7". Si el mismo motor "B" se quemara en 3 segundos, tendría un empuje promedio de 1,7 newtons, en este caso se "redondea" a un valor de "2".

¿Por qué tener un motor que produce menos empuje? Hay un par de razones. En primer lugar, si el cohete no está construido para soportar un promedio de 7 Newtons de empuje, es posible que se rompa al lanzarlo. Para cohetes que son frágiles, como planeadores propulsados por cohetes, es mejor usar un motor cohete que tiene un nivel de empuje más bajo. Pero, por otro lado, es posible que los cohetes pesados no vuelen lo suficientemente rápido con un motor de bajo empuje para ser estables cuando se lanzan (figura 6). Para estos cohetes, desea un empuje promedio alto para ayudar a elevar el cohete rápidamente a una velocidad suficiente donde las aletas se vuelvan efectivas para controlar la trayectoria de vuelo del cohete.

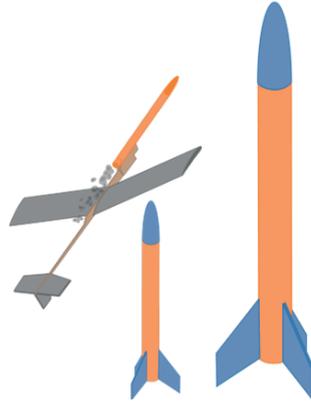


Fig. 6 - El motor correcto para cada cohete

Otra razón para tener un cohete de bajo empuje es ofrecer velocidades de vuelo lentas, lo que hace que sea más fácil seguir el cohete, especialmente si estás tratando de rastrear qué tan alto voló.

Finalmente, un cohete de menor empuje en realidad volará más alto a través de la atmósfera que un motor de cohete de alto empuje (de igual impulso total). ¿Por qué es esto cierto? Porque la fuerza de arrastre (drag) aumenta cuatro veces al duplicar la velocidad del cohete (figura 7). Entonces, un cohete que vuela dos veces más rápido tendrá cuatro veces más resistencia y, por lo tanto, no podrá volar tan alto como uno que vuela lento y constante.

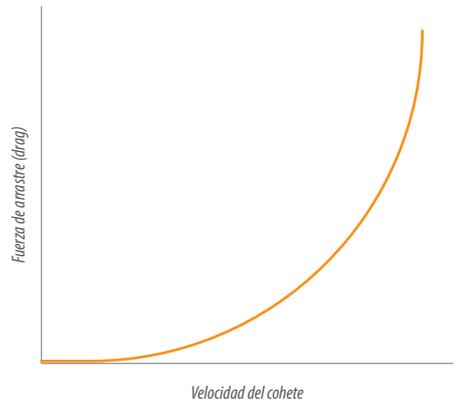


Fig. 7 - La resistencia aumenta más rápido con más velocidad

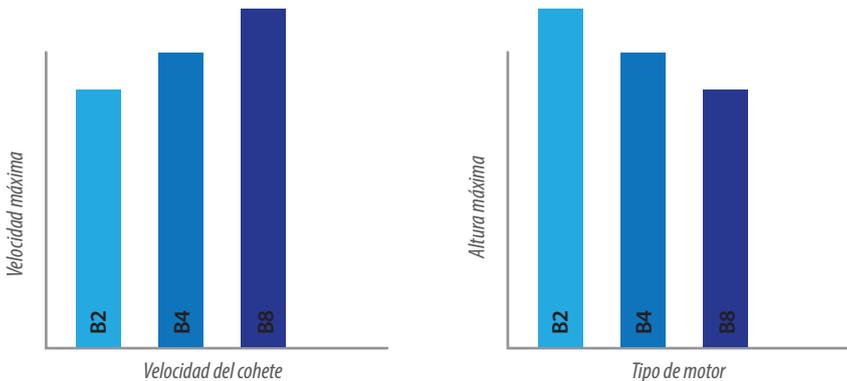


Fig. 8 - Comparación de diferentes vuelos de cohetes dependiendo del motor usado

El último número en el código de designación (después del "guión") indica el **tiempo de retardo o delay**, este es el tiempo (en segundos) que pasa entre la finalización del propelente y el momento en que se dispara la carga de eyección. Un motor cohete "C6-5" tiene entonces un **delay** de cinco segundos, lo que significa que después de que la fase de vuelo propulsada termina, pasarán 5 segundos antes de que la carga de eyección se encienda para empujar el paracaídas fuera del cohete.

Lo óptimo es seleccionar un tiempo de retardo que expulse el paracaídas cuando el cohete viaja a su velocidad más lenta. Esto ocurre cuando el cohete se encuentra en el punto más alto de su vuelo, el cual se conoce como **"apogeo"**.

¿Pero por qué en este punto? Porque si el cohete viaja muy rápido cuando se despliega su sistema de recuperación, las fuerzas sobre el paracaídas podrían destruirlo. Esto provocaría que el cohete descendiera a tierra a una velocidad muy alta.

La **figura 9** muestra en qué parte de la trayectoria de vuelo se expulsará el paracaídas si se utilizaran diferentes tiempos de retardo.

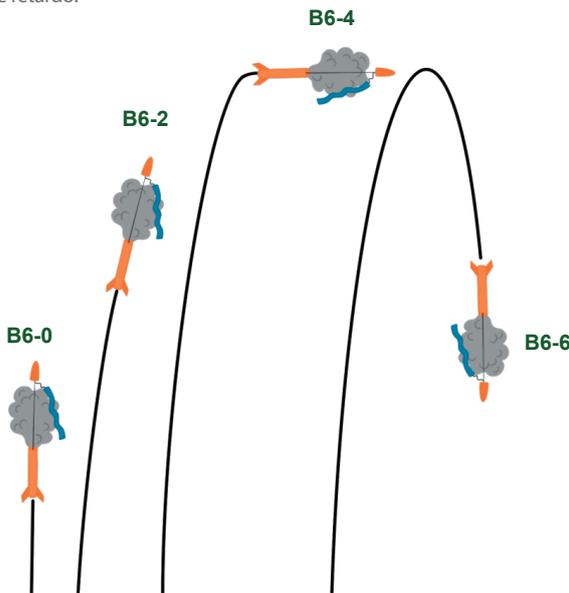


Fig. 9 - El tiempo de retardo (delay) afecta el momento en el cual el paracaídas es desplegado

Como puedes imaginar, el tiempo de retardo debe elegirse con mucho cuidado. Si el sistema de recuperación se despliega demasiado pronto o demasiado tarde, podría dañar el cohete. Por eso el tiempo de retardo que elija depende de la masa del cohete, de la resistencia que producirá, del ángulo con el que se lanza el modelo y de su estabilidad. Es muy difícil determinar con precisión el retardo necesario sin realizar al menos una simulación del vuelo del cohete, por medio de programas de computador (como OpenRocket).

Más información:



      @cipselacorp

CIPSELA.ORG 