

FUNDAMENTOS DE ESTABILIDAD EN COHETES

Dirección de vuelo

Centro de Gravedad (CG) →

← Centro de Presión (CP)



Estable

Estabilidad en Cohetes

Esta guía cubre los conceptos básicos de la estabilidad de los cohetes en modelismo espacial y cohetaría deportiva.

¡Un cohete **ESTABLE** volará recto y certero! Un cohete **INESTABLE** volará erráticamente, representando un peligro no deseado para los espectadores y probablemente terminando su vuelo convertido en una “pila de basura”. Se podría pensar que construir un cohete estable es fácil. Con una nariz puntiaguda delante y aletas detrás, debería volar como una flecha, ¿verdad?, pues no siempre. Como diseñador de cohetes, su trabajo es asegurarse de que el cohete que construya permanezca estable en vuelo, volando sin oscilaciones en una trayectoria vertical o casi vertical.

Para entender cómo hacer que su cohete sea estable, primero necesita conocer las formas en que un cohete puede moverse durante el vuelo. La **figura 1** muestra que un cohete puede girar alrededor de su eje central y cabecear alrededor de su **Centro de Gravedad (CG)**.

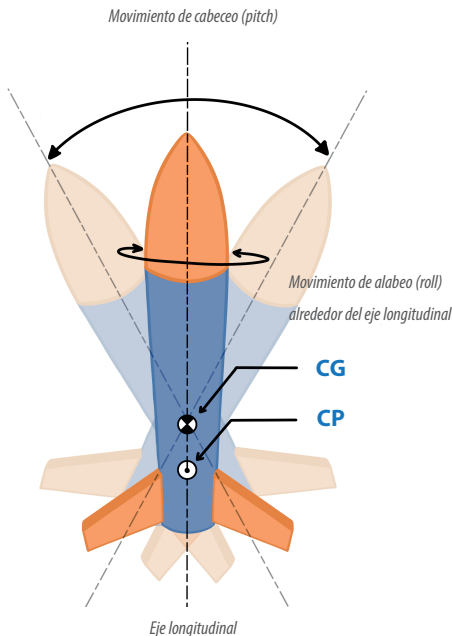


Fig. 1 - Grados de libertad de cohete en vuelo

Aparte de su movimiento hacia adelante, el **alabeo (roll)** y el **cabeceo (pitch)** son los dos grados de libertad básicos del cohete. Se puede diseñar un cohete para hacerlo rotar intencionalmente, lo que en realidad puede aumentar su estabilidad. Sin embargo, para la mayoría de los cohetes, y especialmente para los de los principiantes, es mejor no diseñarlos para que giren. Entonces, eso nos deja un movimiento (el cabeceo) con el que debemos lidiar. Para que su cohete vuele estable, su trabajo se reduce a controlar su movimiento de cabeceo.

Es perfectamente natural que un cohete cabeceé durante un vuelo normal. La mayoría de los vuelos de cohetes siguen una de las dos trayectorias de vuelo que se muestran en la **figura 2**. Pueden seguir una trayectoria parabólica, en la que el cohete se inclina gradualmente en el aire durante su vuelo, o pueden ir hacia arriba, perfectamente vertical. En la cima de un vuelo vertical (apogeo), el cohete se inclinará abruptamente a 180 grados cuando comience su regreso a tierra.

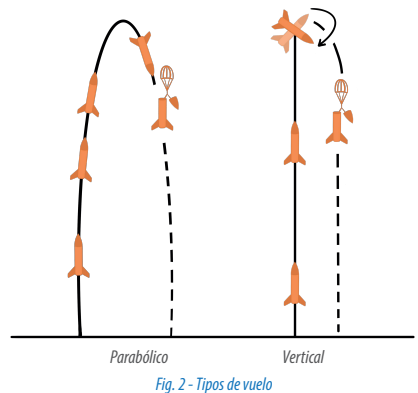


Fig. 2 - Tipos de vuelo

Lo que no queremos es un cabeceo descontrolado, que puede hacer que el cohete se tambalee y, en el peor de los casos, se desvíe de su rumbo resultando peligroso para los espectadores, o que vuele tan lejos que sea irre recuperable. Estas son las condiciones que pueden causar un cabeceo incontrolado en un cohete:

1. Inestabilidad básica en el diseño
2. Imperfecciones en la construcción
3. Volar con viento excesivo

Tomemos estos puntos uno a la vez:

1. Inestabilidad básica en el diseño

Para comprender por qué un cohete es estable o inestable, es necesario comprender dos términos: **Centro de Gravedad (CG)** y **Centro de Presión (CP)**.

Todos los objetos, incluido su cohete, tienen un centro de gravedad. **El CG es un punto donde se puede considerar que toda la masa del objeto está concentrada.** Es relativamente fácil encontrar el CG de un cohete en modelismo espacial. Simplemente equilibre el cohete completamente cargado y listo para volar en un borde, como en el de una regla, como se muestra en la **figura 3**. Cuando se equilibra uniformemente, imagina que una cuchilla atraviesa el cohete en esta ubicación. (Solo imagina esto, ¡no vayas a cortar tu cohete!) El CG se encuentra en el centro del círculo que se formaría con el corte de nuestra cuchilla imaginaria.

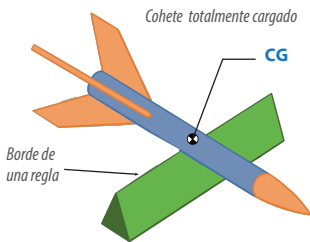


Fig. 3 - Cohete equilibrado en su centro de gravedad

Además de tener un CG, todo objeto que vuela por el aire también tiene un centro de presión (CP). **El CP es el punto del cohete donde se equilibran todas las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre él.** Para entender lo que eso significa, analicémoslo. "Aero" significa aire, y "Dinámico" significa moverse. En términos simples, la aerodinámica explica cómo un objeto, como un cohete, se mueve en el aire. Cuando sacas la mano por la ventanilla de un carro, puedes sentir las fuerzas aerodinámicas en acción. A diferencia de la manera fácil que tenemos de encontrar el CG de nuestro cohete, encontrar el CP es más complicado. Generalmente se utilizan dos métodos para localizar el CP. Uno es el método de corte de cartón y el otro es el método de cálculo. El "método de recorte" ha sido utilizado por los modelistas de cohetes durante

muchos años y es relativamente simple. Aunque el método de cálculo proporciona una ubicación más precisa del CP, implica algunos cálculos bastante largos y tediosos. Afortunadamente, en los últimos años, resolver estos cálculos se ha simplificado enormemente gracias a programas de computador diseñados específicamente para realizar esta tarea, entre los más populares se encuentran *OpenRocket*, *RockSim* y *SpaceCAD*. Debido a que esta guía está dirigida a personas nuevas en el mundo de los cohetes, aquí presentaremos solo el "método de recorte".

Para crear un recorte de cartón del modelo de su cohete, simplemente dibuje el perfil de este en un trozo de cartón rígido de grosor uniforme, como se muestra en la **figura 4**. Coloque el recorte de cartón en el borde de una regla y marque el punto a lo largo del eje central donde el recorte se equilibra perfectamente; este punto es el CP del recorte. El punto correspondiente en su cohete es el CP aproximado de este. Marque esta ubicación con el símbolo CP.

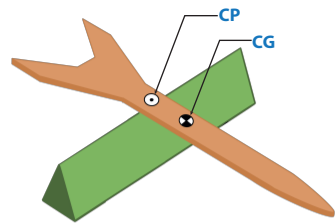


Fig. 4 - Silueta del cohete sobre su centro de presión

Ahora que ha ubicado el CG y el CP, esta es la regla más importante para crear un cohete estable: **"el CG siempre debe estar ubicado adelante del CP"**, como se muestra en la **figura 5**. Idealmente, el CG no debe estar más cerca del CP que 1,5 veces el diámetro del tubo del cuerpo. Entonces, ¿qué haces si descubres que el CG de tu cohete está demasiado cerca o incluso detrás del CP? Puedes mover el CG hacia adelante o mover el CP hacia atrás.

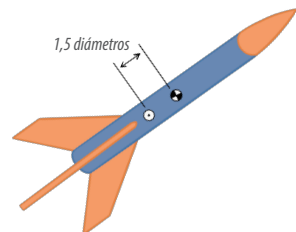


Fig. 5 - Distancia mínima entre centro de gravedad y centro de presión

Para mover el CG hacia adelante:

- a. Aumentar el peso de la parte de adelante del cohete
- b. Disminuir el peso de la parte de atrás del cohete

Para mover el CP hacia atrás:

- a. Aumentar el área superficial de cada aleta
- b. Aumentar el número de aletas
- c. Mover las aletas hacia atrás

2. Imperfecciones en la construcción

¿De cuántas maneras puede un diseñador de cohetes equivocarse en su construcción? De muchas maneras diferentes, pero veamos algunas de las más comunes.

a. Los pegamentos o adhesivos usados no están destinados a ensamblar componentes de cohetes, o son aplicados incorrectamente causando que muchos cohetes se destruyan en vuelo. Cuando se desprende una aleta, su cohete probablemente volará erráticamente hasta que se estrelle. La resina epóxica, el cianoacrilato (CA, también conocido como "Pega Loca" o "Gota Mágica") y el pegamento blanco o amarillo (conocido como "Colbón") son fuertes cuando se aplican de acuerdo con las instrucciones de sus fabricantes. Asegúrate de que los materiales que estás uniendo sean compatibles con el tipo de pegamento que estás utilizando. Por ejemplo, el pegamento blanco funciona bien para unir aletas de madera a un tubo de cartón, pero no para unir aletas de plástico a un tubo de cartón. Al mezclar epoxi, tenga cuidado de mezclar las dos partes en sus proporciones correctas. Cantidades insuficientes, incluso de los mejores adhesivos, dejarán una unión débil. Asegúrate de "probar" tu cohete terminado moviendo las partes que se han unido mediante estos adhesivos. Es mejor romperlo aquí que verlo desarmarse catastróficamente en vuelo.

b. Es especialmente importante asegurarse de que todas las aletas sean del mismo tamaño, estén alineadas paralelas al tubo y estén igualmente espaciadas alrededor del tubo del cuerpo. Ver la **figura 6**.

Una aleta torcida puede hacer que un cohete se desvíe radicalmente de su rumbo. Los constructores de cohetes expertos a menudo utilizan accesorios para mantener las aletas en perfecta alineación mientras pegan las aletas al tubo del cuerpo.

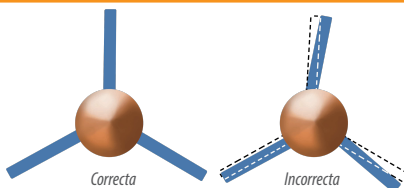


Fig. 6 - Ubicación de las aletas

c. También es importante asegurarse de que los soportes del motor estén sujetos de manera que queden alineados paralelos al tubo del cuerpo o fuselaje, de modo que el motor no esté descentrado. El empuje descentrado puede hacer que un cohete se aleje de una trayectoria de vuelo adecuada (**Figura 2**) y se estrelle.

d. Las guías del cohete para una barra o riel de lanzamiento deben estar fijadas firmemente al tubo del cuerpo y paralelas a él. Si una guía se rompiera antes de que el cohete ganara suficiente velocidad para mantenerlo estable, el cohete podría alejarse de su trayectoria de vuelo prevista.

3. Volar con viento excesivo

Hacer volar su cohete con vientos superiores a **24 kilómetros** por hora puede hacer que se desvíe mucho de su rumbo. La **figura 7** muestra cómo el viento puede empujar un cohete, de forma muy similar a como lo hace sobre una veleta, hasta el punto de girar la nariz del cohete hacia el viento, del mismo modo que hace girar una flecha o la punta de una veleta. Si la varilla de lanzamiento no está colocada en el ángulo correcto para el viento predominante y para su cohete, el viento puede hacer que el cohete se incline y vuele muy lejos, contra el viento.

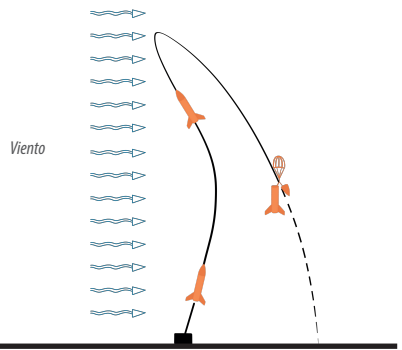


Fig. 7 - Influencia del viento cruzado en el vuelo del cohete

Afortunadamente, el mismo viento puede atrapar el paracaídas desplegado de su cohete y devolverlo a favor del viento. El truco consiste en establecer el ángulo de lanzamiento correctamente. Esto se puede hacer mediante prueba y error hasta que encuentre el mejor ángulo para su cohete y para varias velocidades del viento. Bajo ninguna circunstancia debe lanzar un cohete con un viento que exceda los **30 kilómetros por hora** o con un ángulo de lanzamiento mayor a **30 grados** desde la vertical.

¡Estas son dos reglas fundamentales de seguridad de la Asociación Nacional de Cohetería (NAR)!.

Esto es, en pocas palabras, la estabilidad de un cohete en modelismo espacial y cohetería deportiva.

Más información:



      @cipselacorp

CIPSELA.ORG 