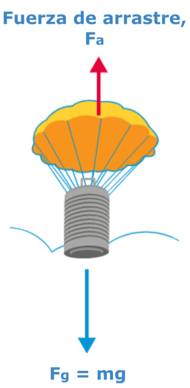
Guía Cálculo Paracaídas

Paracaídas: Información básica

El objetivo del paracaídas es evitar que el satélite se rompa cuando llegue a Tierra. Su cálculo está basado en ecuaciones de física. El paracaídas debe cumplir los requisitos de velocidad de descenso establecidos en las bases:

- La conexión del paracaídas debe ser capaz de soportar una fuerza de hasta 500 N. La robustez del paracaídas debe probarse para garantizar que el sistema funcionará como debe.
- Para favorecer la recuperación el CanSat se recomienda un tiempo máximo de vuelo de 120 segundos. Si se intenta un aterrizaje controlado, se recomienda un tiempo de vuelo máximo de 170 segundos.
- Con el objetivo de recuperar el CanSat se recomienda una velocidad de descenso de entre 8 y 12 m/s. No obstante, la velocidad de descenso no deberá ser inferior a 6 m/s ni superior a 12 m/s por razones de seguridad.
- El CanSat deberá ser capaz de soportar una aceleración de hasta 20 g.

Durante el descenso, el CanSat experimenta la acción de la fuerza de la gravedad y de la fuerza de arrastre generada por el paracaídas.



La fuerza de la gravedad es igual a la masa por la aceleración ($g = 9.8\ m/s^2$):

$$F_g = mg$$

La fuerza de arrastre generada por el paracaídas se puede expresar a través de esta ecuación:

$$F_a = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2$$

Dónde

- C_D : coeficiente de resistencia aerodinámica. Suele estar entre 0,62 (para un paracaídas semi esférico o circular) y 0.8 (para un paracaídas poligonal)
- ρ: densidad del aire = $1.22\ kg/m^3$
- V: velocidad de descenso
- A: área del paracaídas

Considerando que el CanSat descenderá a una velocidad constante, la suma de las fuerzas implicadas debe ser igual a cero:

$$\sum F = ma \rightarrow a = 0 \Rightarrow \sum F = 0$$

$$F_g + F_a = 0$$

$$mg - \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 = 0$$

Mediante esta ecuación se puede encontrar el área del paracaídas (la velocidad debe estar comprendida entre 8 y 12 m/s; y la masa entre 300 y 350 gramos) :

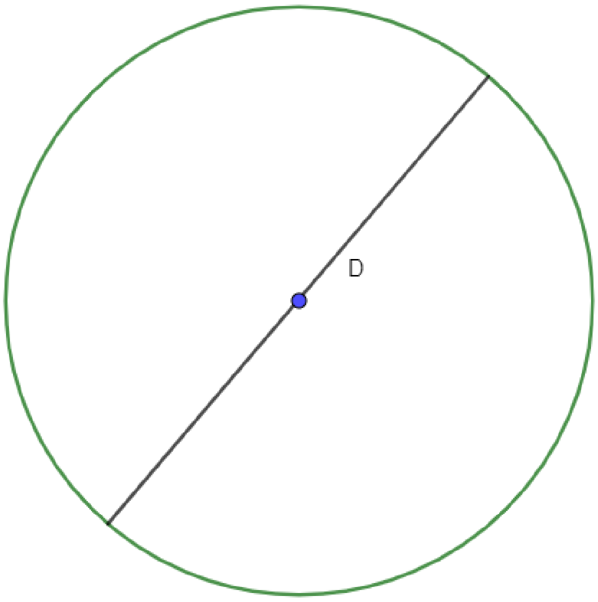
$$A = \frac{2mg}{C_D \rho v^2} \rightarrow Área\ del\ paracaídas$$

Paracaídas circular

El proceso a seguir es igualar la ecuación del área del paracaídas, a la ecuación del área del círculo; y así encontrar el diámetro o el radio de nuestro círculo:

$$A_{círculo} = \pi \frac{D^2}{4}$$

dónde D es el diámetro del círculo.



Esquema paracaídas circular

Por tanto:

$$\pi \frac{D^2}{4} = \frac{2mg}{C_D \rho A v^2}$$

De dónde podemos despejar el diámetro de nuestro paracaídas:

$$D = \sqrt{\frac{8mg}{\pi C_D \rho A v^2}}$$

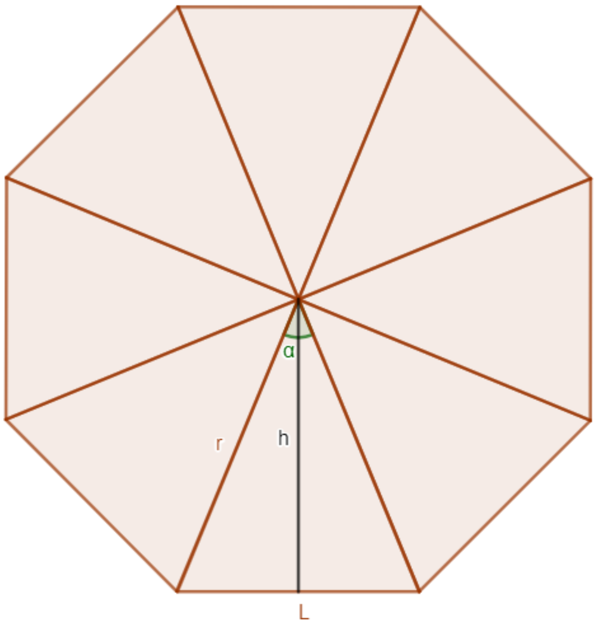
Dando valores a la velocidad de descenso que deseamos y a la masa de nuestro CanSat, podemos obtener un valor para el diámetro de nuestro paracaídas.

También se puede realizar un cálculo inverso y dar valores al diámetro hasta encontrar la velocidad de descenso que necesitamos; incluyendo todas las ecuaciones en una hoja de cálculo.

Paracaídas poligonal: octógono

En este caso, el proceso es el mismo, se igualan las ecuaciones del área deseada con el área de un polígono (en este ejemplo utilizamos un octógono).

Para realizar un paracaídas octogonal, se divide el área del octógono en 8 triángulos iguales (si se realiza un hexágono, serán 6 triángulos). Debemos encontrar la altura y base de nuestros triángulos. Una vez tengamos estas medidas, hay que cortar y confeccionar 8 triángulos iguales y unirlos para completar el paracaídas. Entre cada unión se encuentra una cuerda, por tanto, este paracaídas se sujeta mediante ocho cuerdas al CanSat.



Esquema paracaídas octogonal

Nosotros contamos con el dato del área total de nuestro octógono. Debemos encontrar una fórmula para obtener la base o la altura en función de esta área, a través de trigonometría. El ángulo central α, es el que forman dos líneas que unen el centro del y dos vértices consecutivos. En un octógono regular este ángulo es:

$$\alpha = \frac{360º}{8} = 45º$$

Mediante la tangente, se puede calcular cuánto mide la altura, en función de la base del triángulo o lado del octógono:

$$h = \frac{L}{2\,tan(\frac{\alpha}{2})} = \frac{L}{0.83}$$

El área del octógono regular se calcula como la mitad del producto del perímetro y la altura de un triángulo (la apotema). Al ser su perímetro ocho veces la longitud (L) de uno de sus lados, el área será:

$$A = \frac{1}{2}ph \rightarrow p = 8L \Rightarrow A = 4Lh$$

Igualando la altura a la fórmula calculada anteriormente, $h = \frac{L}{0.83}$, el área del octógono se puede calcular de la siguiente forma:

$$A = \frac{4L^2}{0.83} = 4.83L^2$$

Con esta ecuación, podemos calcular el tamaño del lado de nuestro octógono:

$$L = \sqrt{\frac{A}{4.83}}$$

Una vez que tengamos este dato, podemos calcular la altura de nuestro triángulo, ya que, tenemos 8 triángulos iguales y sabemos el área total:

$$A_{triángulo} = \frac{A_{total}}{8}$$

$$A_{triángulo} = \frac{Lh}{2} \Rightarrow h = \frac{2A_{triángulo}}{L}$$

Orificio Central (Spin hole)

Un orificio en el centro del paracaídas, aumenta aún más la estabilidad del paracaídas y evita oscilaciones. Normalmente suele ser el 20% del diámetro, solo el 3% del área.

Referencias y Enlaces de interés:

Cómo hacer un paracaídas fácil: https://www.youtube.com/watch?v=p23Ty83wVDM

Design your parachute:
https://esero.es/wp-content/uploads/2019/10/T10_Parachute_Design.pdf