



CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE UN MODELO A ESCALA DE UN PARACAÍDAS

Práctica de Mecánica de Fluidos
2º curso de Ingenieros Industriales



Joaquín Fernández Francos

ffrancos@unex.es

INDICE

- 1.- OBJETIVO
- 2.- NORMATIVA
- 3.- FUNCIONAMIENTO DEL PARACAÍDAS
- 4.- DISEÑO DE UN PARACAÍDAS

1.- OBJETIVO

El objetivo de este trabajo consiste en la construcción y ensayo de un modelo de paracaídas capaz de amortiguar la caída de un huevo de gallina (designado como carga en adelante) para evitar que se rompa en su impacto contra el suelo cuando es lanzado desde una cierta altura.

La filosofía básica del trabajo consiste en reducir la velocidad de caída hasta unos límites aceptables por medio de un sistema de resistencia aerodinámica. Aunque por comodidad, en esta normativa se utilizará la palabra paracaídas, el sistema utilizado podrá ser de cualquier tipo, sin que necesariamente se ajuste a la concepción tradicional de un paracaídas (de todas formas, se recuerda que la experiencia ha demostrado que estos artefactos suelen ser bastante más eficaces que muchos otros).

2.- NORMATIVA

- La carga tendrá una dimensión mínima de 40 mm de diámetro en el mayor círculo de los situados perpendicularmente a su eje de simetría.
- Deberá estar fresco e íntegro, sin hervir, vaciar ni ningún otro tratamiento que aumente su resistencia.
- Estará colocada dentro de una bolsa de plástico **transparente** que evite que se ensucie el pavimento en caso de rotura. La bolsa debe ser transparente para permitir el examen visual. Será la bolsa la que irá sujeta al paracaídas y no la carga directamente.
- En cualquier caso, su colocación será tal que, si el paracaídas actúa de una forma lógica y racional, la carga (dentro de la bolsa) sea lo primero en tocar el suelo.
- El paracaídas puede ser construido con cualquier material y forma mientras se respete la filosofía básica indicada anteriormente. No será lícito utilizar, por ejemplo, globos de gas ligero o dispositivos que amortigüen mecánicamente el impacto.
- Los grupos de trabajo estarán compuestos de un máximo de tres alumnos.

-
-
- Al comienzo de la prueba se presentará un informe de una extensión máxima de cuatro folios. En la primera página figurará el título del trabajo, los nombres de los componentes del equipo, un croquis con la forma y dimensiones básicas del prototipo (no es un adorno, no sirve un dibujo de la librería del Word), la superficie de tela (o material equivalente) utilizado y la velocidad de caída hallada en las pruebas preliminares (cada equipo tiene que realizar al menos una prueba antes de la práctica y medir la velocidad media de caída).
 - En el resto del informe irán los cálculos, los croquis constructivos, los distintos experimentos y ensayos realizados con anterioridad y, en general, las disquisiciones e hipótesis en que se haya basado el trabajo. Los datos que no sean meramente hipotéticos deberán ir justificados. No se admitirán, por ejemplo expresiones del tipo "se ha comprobado experimentalmente que la máxima velocidad de caída para evitar que la carga se rompa es de xx m/s" si no se justifica como se ha realizado el experimento o se cita la fuente bibliográfica.
 - No se admitirá que dos o más grupos realicen el trabajo conjuntamente ni que sus informes tengan un parecido substancial. Esto no quiere decir que se deba evitar toda comunicación entre los equipos ni que no se pueda solicitar consejo u opiniones autorizadas.
 - El lanzamiento se realizará desde una ventana de la tercera planta.
 - El paracaídas deberá tener en su parte superior un anillo o lazo de hilo o cuerda de unos 4 cm de diámetro. El lanzamiento se realizará sujetando el paracaídas por ese lazo.
 - Cada grupo se hará cargo de sus propios restos o de la limpieza correspondiente en caso de accidente. Si no se desea conservar el prototipo, se depositará en un contenedor dentro de una bolsa de basura.
 - En la puntuación de la prueba se valorará la consecución del objetivo, la adecuación a las normas, la mínima utilización de material, la originalidad del diseño y las buenas características aerodinámicas.
 - El jurado, designado por los responsables de la asignatura, tendrá la última palabra en cuanto y en todo lo concerniente al desarrollo de la prueba.

Notas:

-
-
- El mayor índice de peligrosidad en referencia a la limpieza urbana lo ostentan las cargas de repuesto para el caso de la rotura accidental antes del lanzamiento. Se recomienda vivamente que se lleven ya preparadas dentro de su bolsa individual herméticamente cerrada.
 - La velocidad de impacto que produce la rotura de la carga sobre una superficie plana y dura está alrededor de 0.5 - 0.7 m/s. Un posible procedimiento para determinarla con algo más de exactitud consiste en dejar caer la carga desde distintas alturas calculando la velocidad con la hipótesis de caída libre; esta hipótesis es suficientemente aproximada para las características específicas de esta prueba.
 - No necesariamente funcionará mejor un paracaídas cuanto mayor sea su tamaño. Entre los factores perjudiciales de un tamaño excesivo están:
 - Se verá muy afectado por las corrientes de aire.
 - El paracaídas es menos estable: oscila, con la consiguiente incertidumbre en la velocidad lateral del impacto.
 - La carga (relativamente pequeña) puede tener problemas para abrir y tensar la tela del paracaídas.
 - El modelo tradicional de paracaídas tiene una tendencia elevada a oscilar (por el desplazamiento cíclico del punto de desprendimiento del flujo sobre la superficie de la tela, debido a la inestabilidad de este fenómeno sobre una superficie curva tangente al flujo). El agujero o zona porosa en la parte superior central es uno de los métodos utilizados para disminuir esta oscilación (estabilizan la estela).
 - La flexibilidad y ligereza de la tela tiene gran importancia en cuanto a la facilidad de despliegue y el mantenimiento de la forma buscada.

3.- FUNCIONAMIENTO DEL PARACAÍDAS

El paracaídas es un dispositivo que disminuye la velocidad de caída de un cuerpo basándose en la resistencia aerodinámica que presenta al desplazarse dentro de un fluido. Un cuerpo en caída libre, en el caso de no considerar el efecto del fluido, está sometido a la fuerza de la gravedad (su propio peso) y su velocidad irá aumentando indefinidamente con el tiempo de caída. La resistencia aerodinámica es una fuerza que

se opone al movimiento de los cuerpos en un fluido, siendo proporcional al cuadrado de la velocidad. Si se considera el efecto del fluido, un cuerpo en caída libre irá aumentando su velocidad hasta que la resistencia aerodinámica iguale su peso. A partir de ese momento la velocidad de caída permanecerá constante, denominándose velocidad terminal.

El paracaídas, en su movimiento en el aire, adquiere una forma que presenta una resistencia aerodinámica importante, logrando limitar la velocidad de caída de los cuerpos a valores que eviten su deterioro en su impacto contra el suelo.

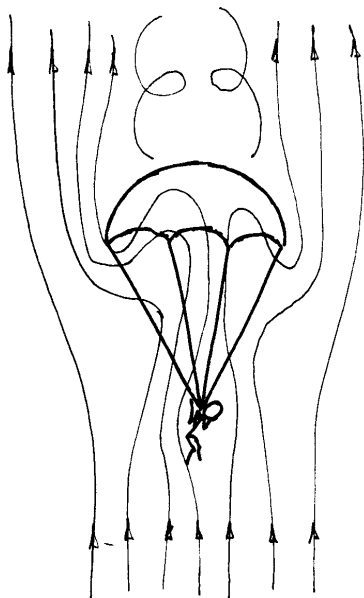


Figura 1

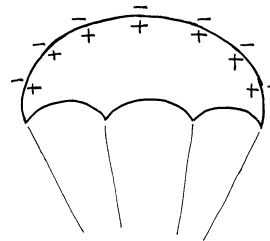


Figura 2

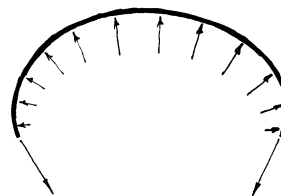


Figura 3

En la figura 1 se puede ver la distribución de las líneas de corriente alrededor del paracaídas. Esta distribución, junto con la estela de separación del flujo, hace que por la parte interior de la tela haya una presión superior a la parte exterior (figura 2). En la figura 3 se representa la distribución de fuerzas que provoca esta distribución de presiones que se equilibra por la tensión de los cordones.

El cálculo experimental de la resistencia aerodinámica está definido por dos parámetros adimensionales, el coeficiente de arrastre C_d y el número de Reynolds Re :

$$C_d = \frac{F/A}{\frac{1}{2}\rho \cdot U^2}$$

F: Fuerza (Peso)

A: Área frontal según la dirección del movimiento; en ocasiones puede utilizarse otro área de referencia

U: Velocidad

ρ : densidad del aire (1.22 kg / m³ en condiciones normales)

$$Re = \frac{\rho \cdot U \cdot L}{\mu}$$

L: dimensión característica (diámetro, por ejemplo)

μ : viscosidad dinámica (1.8 10⁻⁵ N s / m² para el aire en condiciones normales)

Como los coeficientes son adimensionales, las unidades deben ser coherentes (por ejemplo, todas las variables en el S. I.).

4.- DISEÑO DE UN PARACAÍDAS

Para que dos modelos sean aerodinámicamente semejantes, además de ser geoméricamente semejantes, estos dos coeficientes deben tener el mismo valor en los dos modelos. En la práctica, si no hay una gran variación del número de Re , el C_d es muy similar. Por ejemplo, si un paracaídas tiene un área frontal de 34m² y baja a 6 m/s con una carga de 90 kg, se podría calcular la velocidad de caída con una carga de 60 kg:

$$C_d = \frac{90 \cdot 9.8 / 34}{\frac{1}{2} \cdot 1.22 \cdot 6^2} = 1.18 \quad U_2 = \sqrt{\frac{60 \cdot 9.8 / 34}{\frac{1}{2} \cdot 1.22 \cdot 1.18}} = 4.9 \text{ m/s}$$

Si se quiere diseñar un paracaídas similar, pero que con una carga de 100 kg cayendo a 5 m/s, el área frontal debería ser:

$$A_3 = \frac{100 \cdot 9.8}{\frac{1}{2} \cdot 1.22 \cdot 5^2 \cdot 1.18} = 54.4 \text{ m}^2$$

Como datos de referencia, en la bibliografía se pueden encontrar valores del coeficiente de arrastre alrededor de 1.2, para números de Re iguales o inferiores a 10^4 .

Algunos parámetros que se pueden hallar en las especificaciones de paracaídas de tipo comercial son:

Mod TP2

- Diámetro de la campana: 10.52 m
- Velocidad media de descenso con un peso de 90 kg: 5.8 m/s
- Número de cordones: 24
- Longitud de los cordones: 8.22 m

Mod SNP-2802-E

- Superficie de la campana: 58 m²
- Diámetro de la campana: 8.53 m
- N° de cordones: 28
- Longitud de los cordones: 7.5 m
- Velocidad media de descenso (no se conoce el peso): de 5.5 a 6.5 m/s

Mod Paracomander Competición

- Superficie de la campana: 52 m²
- Diámetro de la campana: 8 m
- N° de cordones: 24
- Longitud de los cordones: 5.6 m
- Velocidad media de descenso (no se conoce el peso): 7.7 m/s

En estos datos la superficie y el diámetro de la campana no se refieren al área frontal sino a la superficie de la tela. Al utilizar estos datos se tiene que tener en

cuenta que si se varía mucho el tamaño y la velocidad, el número de Reynolds Re puede cambiar substancialmente, haciendo que el coeficiente de arrastre C_d del paracaídas transformado no sea tan igual al del original como se desearía.

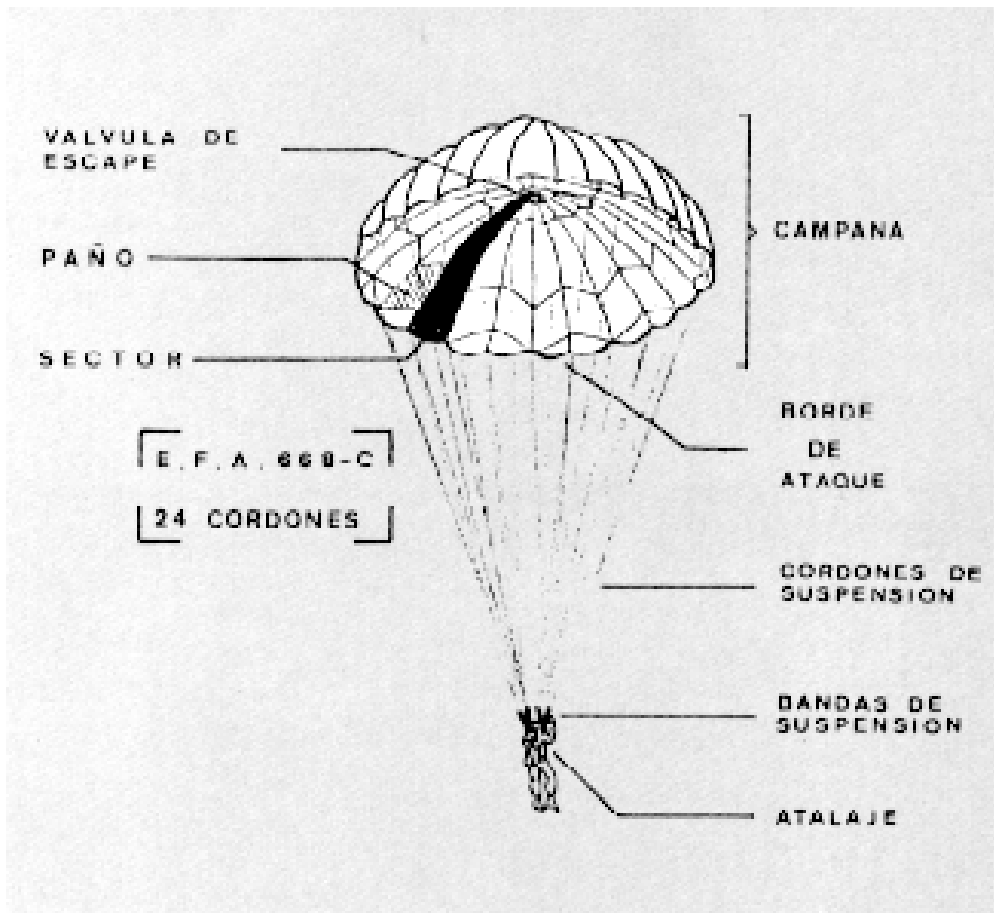


Figura 4: elementos de un paracaídas

Los paracaídas de tipo de campana suelen tener una abertura en su parte superior para facilitar su construcción y reducir la inestabilidad aerodinámica, que produce incómodos y peligrosos balanceos. Otra opción es una tela de gran porosidad en esa zona. Los modelos deportivos de campana también tienen aberturas laterales y cordones de mando que permiten dirigir, en parte, el movimiento horizontal durante el descenso.

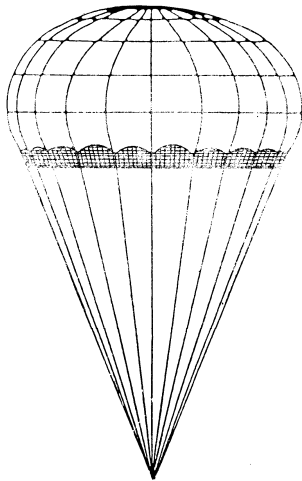


Figura 5: Mod TP-2

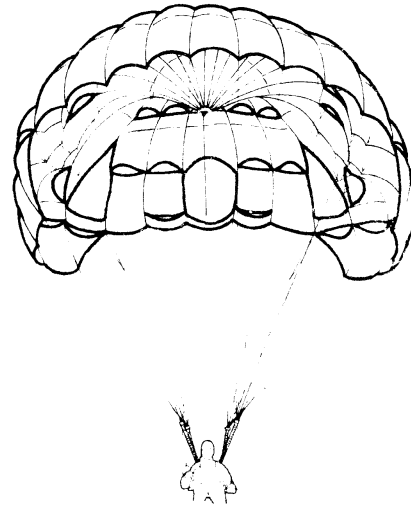


Figura 6: Mod Paracomander Comp.



Figura 7: P. emergencia tipo semiesférico



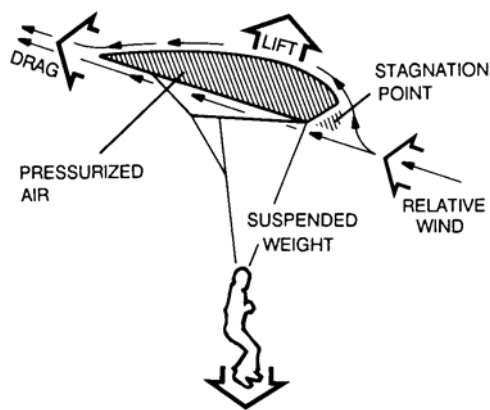
Figura 8: P. emergencia tipo cónico de dos porosidades

Actualmente, para competición se utilizan paracaídas de tipo ala (Foil o Ram air). Tienen una sección frontal rectangular. Están compuestos de una serie de tubos abiertos por delante y cerrados por detrás, que al hincharse en el aire toman forma de

perfil de ala. Al avanzar por el aire obtiene una fuerza debido a la sustentación mayor que la obtenida en los otros modelos por el arrastre, con menos superficie de tela. Este paracaídas tiene también una velocidad de desplazamiento en horizontal del mismo orden de magnitud que la velocidad de descenso, haciendo que su movilidad sea alta e incluso permitiendo ir en contra del viento cuando no es demasiado fuerte.



Figura 9: P. emergencia tipo Pull Down Apex



FORCES ACTING ON A CANOPY IN FLIGHT

Figura 10



Figura 11