

(C-257)

**APLICACIÓN DE LA SEMEJANZA EN MECÁNICA DE
FLUIDOS: CONCURSO DE DISEÑO Y LANZAMIENTO
DE PARACAÍDAS**

Joaquín Fernández

Raúl Barrio

Alfonso Marcos

Alberto Marcos

Eduardo Blanco



(C-257) APLICACIÓN DE LA SEMEJANZA EN MECÁNICA DE FLUIDOS: CONCURSO DE DISEÑO Y LANZAMIENTO DE PARACAÍDAS

Joaquín Fernández⁽¹⁾, Raúl Barrio⁽²⁾, Alfonso Marcos⁽¹⁾, Alberto Marcos⁽¹⁾, Eduardo Blanco⁽²⁾

Afiliación Institucional: ⁽¹⁾Universidad de Extremadura (ffrancos@unex.es), ⁽¹⁾Universidad de Oviedo

Indique uno o varios de los siete Temas de Interés Didáctico: (Poner x entre los [])

Metodologías didácticas, elaboraciones de guías, planificaciones y materiales adaptados al EEES.

Actividades para el desarrollo de trabajo en grupos, seguimiento del aprendizaje colaborativo y experiencias en tutorías.

Desarrollo de contenidos multimedia, espacios virtuales de enseñanza- aprendizaje y redes sociales.

Planificación e implantación de docencia en otros idiomas.

Sistemas de coordinación y estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Desarrollo de las competencias profesionales mediante la experiencia en el aula y la investigación científica.

Evaluación de competencias.

Resumen

Se trata de construir paracaídas a escala de manera que pueda transportar un peso determinado y lo deposite en el suelo sin que se rompa. Se presenta una metodología de trabajo en grupos formados por tres alumnos basada en el diseño de paracaídas. Los estudiantes llevan a cabo cálculos teóricos para estimar el tamaño del paracaídas para que lleve a cabo la misión encomendada. Al finalizar el plazo de ejecución del proyecto se realiza un concurso en el que cada grupo lanza su paracaídas. Esta metodología docente se evaluó mediante una encuesta proporcionada a los alumnos cuyos resultados se muestran en la parte final del artículo.

Palabras clave: paracaídas, trabajo grupal, aprendizaje basado en proyectos, metodología activa

Abstract:

This paper presents an active methodology of group work based on the design of parachutes. For this purpose small groups of 3 students are constituted. The students have to design a parachute to reach a specific task. At the end of the implementation period of the project we carry out a competition where each group launches its parachute. This teaching methodology was evaluated by means of a survey that was provided to the students. The results of the survey are shown at the end of the paper.

Keywords: parachute, group work, project-based learning, active methodology

1. Introducción

Los paracaídas son fáciles de construir con materiales que se encuentran y utilizan en nuestro entorno cotidiano. Observar cómo los paracaídas hechos manualmente cumplen su misión estimula la creatividad de los alumnos. Los paracaídas funcionan bien cuando se construyen con una base científica, por lo que es indispensable que los alumnos comprendan sus fundamentos. El proceso de enseñanza-aprendizaje de estos principios es más ilustrativo y entretenido cuando los estudiantes pueden llevar a cabo experimentos para validar las predicciones de las ecuaciones teóricas.

En este tipo de modelos no es necesario usar los mismos materiales que en un paracaídas normal ya que la seguridad no es lo prioritario, y pueden ser tan simples como una bolsa de plástico de una tienda de alimentación o la tela de un paraguas. Estos paracaídas presentan varias ventajas sobre los reales: la seguridad no es fundamental (no transportan personas), muy baratos y fáciles de construir y probar, lo que les hace muy atractivos desde el punto de vista educacional.

En este artículo se presenta una metodología activa de trabajo grupal basada en el diseño de paracaídas. Para ello se forman grupos de 3 alumnos y, tras una sesión introductoria inicial, se les pide que lleven a cabo un proyecto de diseño de un paracaídas. El objetivo final de la práctica consiste en que el paracaídas diseñado deposite sin romperlos dos huevos de gallina lanzados desde una altura de 3 plantas (unos 10 m) a partir de los cálculos teóricos necesarios. La filosofía básica del trabajo consiste en reducir la velocidad de caída hasta unos límites aceptables por medio de un sistema de resistencia aerodinámica. Los proyectos se evalúan en un concurso abierto al público. Esta metodología docente se evaluó al finalizar el curso por medio de una encuesta de satisfacción proporcionada a los estudiantes, cuyos resultados se presentan en la parte final de este artículo.

2. Definición del problema

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. 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 (referencias 1-3) 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 (todas las variables en el S. I.).

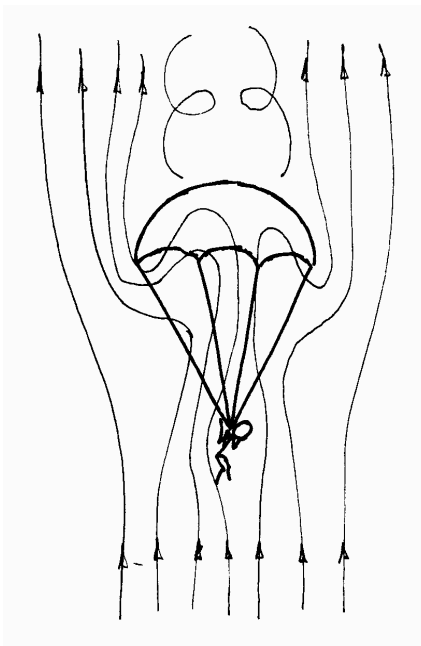


Figura 1: distribución de las líneas de corriente

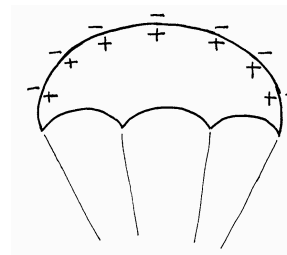


Figura 2: presiones

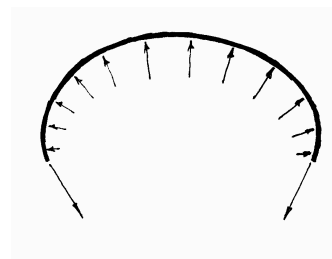


Figura 3: distribución de fuerzas

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 .



Figura 4: elementos de un paracaídas



Figura 5: paracaídas tipo semiesférico



Figura 6: paracaídas tipo cónico de dos porosidades

En la figura 4 se tiene un esquema con los elementos de un paracaídas. Los paracaídas de tipo de campana (figura 5) 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 (figura 6). Los modelos deportivos de campana también tienen aberturas laterales y cordones de mando que permiten dirigir, en parte, el movimiento horizontal durante el descenso.

3. Planteamiento de la actividad

El objetivo final de la práctica consiste en diseñar un paracaídas que deposite, sin romperlos, dos huevos de gallina lanzados desde una altura de 3 plantas (unos 10 m). Los alumnos deben realizar el diseño del paracaídas y realizar los cálculos necesarios, a partir de las ecuaciones teóricas, para determinar su tamaño.

Para ello se utiliza una metodología activa basada en el trabajo en grupo, junto con un método de enseñanza-aprendizaje orientado al proyecto de diseño del paracaídas. El desarrollo de la actividad se puede dividir en tres fases: planteamiento del problema; planificación y realización; y concurso y evaluación.

La fase de “planteamiento del problema” se lleva a cabo en un seminario de 2 horas con grupos de 15 alumnos. En este seminario el profesor proporciona a los estudiantes un guión de la práctica, en el cual se definen los objetivos, condiciones de realización y método de presentación de los resultados. De forma adicional, también se les da algunas pistas sobre el diseño de paracaídas. El objetivo fundamental del seminario es que los alumnos adquieran ciertas competencias conceptuales y procedimentales específicas de la asignatura. En concreto, en esta sesión se describen e interpretan las ecuaciones básicas de semejanza, y se ilustra su uso para la actividad propuesta mediante un ejemplo con unos datos de partida determinados. De esta forma, al finalizar el seminario, los alumnos ya están en condiciones de iniciar los cálculos teóricos a partir de sus datos particulares.

La fase de “planificación y realización” se lleva a cabo, como ya se ha indicado, mediante trabajo grupal. Para ello se forman grupos de 3 alumnos y se les permite definir libremente su plan de trabajo, con la condición de que no se supere un plazo máximo que se fija en dos meses. Durante esta fase cada grupo trabaja de forma autónoma. El profesor tutela y orienta a los grupos, resuelve las dudas que surgen (en clase, en reuniones individuales con cada grupo o mediante campus virtual) y ofrece retroalimentación para corregir errores de planteamiento o diseño. Al finalizar esta fase, los alumnos tienen que entregar un informe en el que se recoja un resumen de todo el trabajo realizado. En concreto, en él se debe incluir una foto del paracaídas diseñado y un resumen de los cálculos teóricos realizados para obtener sus características geométricas. Aparte de las competencias específicas propias de la asignatura, esta actividad permite trabajar con los alumnos varias competencias genéricas del Proyecto Tuning (referencia 4). En concreto, las competencias genéricas que se pueden desarrollar con este trabajo grupal de diseño se recogen resumidas en la Tabla 1.

INSTRUMENTALES
<ul style="list-style-type: none">• Capacidad de organizar y planificar.• Habilidades básicas de manejo del ordenador.• Toma de decisiones.• Resolución de problemas.
INTERPERSONALES
<ul style="list-style-type: none">• Trabajo en equipo.• Capacidad crítica y autocrítica.

<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades interpersonales.
SISTÉMICAS
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y gestión de proyectos. • Habilidad para trabajar de forma autónoma. • Creatividad. • Capacidad de aprender. • Capacidad de aplicar conocimientos a la práctica.

Tabla 1. Competencias genéricas potenciadas con el desarrollo de la actividad propuesta.

4. Concurso y Evaluación

Al finalizar el plazo de realización del proyecto, los grupos presentan públicamente su diseño al profesor y compañeros mediante un concurso en el que cada grupo han de demostrar que el paracaídas cumple la misión encomendada. El concurso se realiza durante aproximadamente 2 horas, disponiendo cada grupo de 2 intentos. El profesor dispone de una hoja de evaluación (Tabla 2), en la cual se recogen varios aspectos de diseño y ejecución que son puntuables de 0 a 10. El punto clave en la evaluación es la carga no se rompa al llegar al suelo.

GRUPO:	Nº:	NOTA:
Paracaídas	Decoración	
	Material	
	Forma	
Lanzamiento nº 1	Vuelo	
	Aterrizaje	
Lanzamiento nº 2	Vuelo	
	Aterrizaje	

Tabla 2. Cuadro de valoración en la prueba de presentación del proyecto.

Se trata de una actividad que implica unas cuantas horas de dedicación, en la que los alumnos manifiestan bastante interés, apreciando el hecho de tener que realizar una práctica en la que se necesite una cierta dosis de investigación y creatividad (sobre todo en el diseño). En la Figura 3 se muestran algunos de los diseños.

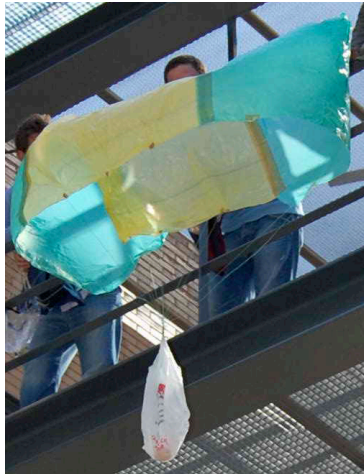


Figura 7. Algunos diseños de paracaídas

5. Encuesta de opinión

Al finalizar el curso se realiza una encuesta entre los alumnos para conocer su opinión sobre esta metodología docente. La encuesta consta de 12 preguntas, que se muestran en la tabla 3, con 5 opciones de respuesta para cada pregunta. Para definir estas opciones se utilizó una escala numérica que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo). El 80% de los alumnos considera que el material y explicaciones ofrecidas por el profesor en el seminario, y su apoyo durante la fase de diseño del proyecto, ha sido adecuado. Un 50% de los alumnos considera que la dificultad de la práctica está en concordancia con los contenidos de la asignatura. Un 25% manifiesta que la práctica les ha ayudado a comprender mejor la asignatura mientras que un 55% considera que no le influye. Algo muy similar ocurre cuando se les preguntó si esta práctica había servido para que pudiesen aplicar algún tipo de conocimiento más general o de tipo transversal.

El tiempo disponible para realizar la práctica resultó suficiente para el 70%. Algo más de la mitad manifestó que la práctica grupal les resultó útil para compartir conocimientos con sus compañeros, y alrededor de un 89% de los encuestados afirmó que la práctica les había motivado. Un 90% valora positivamente este tipo de actividades (en las que se pueda innovar), y consideran positivo que se propongan más prácticas de este tipo. Finalmente, un 84% califica a la práctica con una nota de 4 o de 5.

- | | |
|---|--|
| 1 | El material y las explicaciones ofrecidas por el profesor en el seminario han resultado suficientes para realizar la práctica. |
| 2 | El apoyo del profesor durante la fase de diseño de la práctica ha sido adecuado y ha ayudado a resolver todas las dudas que han surgido. |
| 3 | La dificultad de la práctica se adecua a los contenidos de la asignatura. |
| 4 | La práctica me ha ayudado a comprender mejor y a saber aplicar adecuadamente los contenidos teóricos de la asignatura. |
| 5 | La práctica me ha servido para aplicar conocimientos generales y de otras materias distintas de la Mecánica de Fluidos. |

6	La práctica me ha servido para adquirir nuevos conocimientos.
7	El tiempo del que se dispone para diseñar la práctica es suficiente.
8	La práctica en grupo me ha servido para compartir conocimientos con mis compañeros y así comprender mejor la asignatura.
9	La práctica me ha motivado.
10	Valoro positivamente este tipo de prácticas, que permiten crear e innovar, frente a las prácticas tradicionales de diseño más cerrado.
11	Considero positivo que se realicen más prácticas de este tipo en esta y en otras asignaturas.
12	La valoración global que le doy a la práctica (de 1 a 5) es de:

Tabla 3. Encuesta de valoración de la práctica

6. Conclusiones

Se ha presentado una propuesta de práctica grupal usando un método de aprendizaje activo orientado a proyectos. Para ello, se ha pedido a los estudiantes que realicen el diseño de un paracaídas con el objetivo de que deposite, sin romperlos, dos huevos de gallina lanzados desde una altura de 3 plantas (unos 10 m). Los alumnos han llevado a cabo los cálculos necesarios, a partir de las ecuaciones teóricas, para estimar la magnitud de estas dos variables. Esta parte de la práctica permite trabajar las competencias específicas de la asignatura. Durante la fase de diseño del prototipo y trabajo en grupo se potencian algunas de las competencias genéricas del Proyecto Tuning.

El diseño final se evalúa en un concurso abierto al público en el que cada grupo presenta su proyecto ante el profesor de la asignatura y sus propios compañeros. Los alumnos deben demostrar que su diseño es lo bastante adecuado, y sus cálculos lo suficientemente precisos, para que el paracaídas cumpla la misión encomendada. Al finalizar el curso los estudiantes dieron su opinión sobre la práctica mediante una encuesta anónima. Los resultados de dicha encuesta muestran que, a pesar del tiempo dedicado, los alumnos valoran positivamente la práctica, puesto que les permite crear e innovar, y consideran que se deberían incluir más prácticas de este tipo en las asignaturas de la carrera.

7. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el apoyo económico prestado por FEDER y Junta de Extremadura bajo el Proyecto GR10047.

Referencias

1. F.M. White, *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill, New York, (2003).
2. B.S. Massey, *Mechanics of Fluids*, Van Nostrand Reinhold Int., London (1989).
3. J.M. Prusa, *SIAM Rev.*, **42** (4) (2000) 719.
4. Accreditation Board for Engineering and Technology, *Criteria for Accrediting Engineering Programs*, (2007).