

---

# Proyecto Docente de la Asignatura Cálculo de Aviones

---

Sergio Esteban Roncero

Departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla



# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Titulación</b>	<b>1</b>
<b>3. Objetivo</b>	<b>3</b>
<b>4. Metodología</b>	<b>8</b>
4.1. Metodología Docente . . . . .	8
4.2. Sistema de calificación y evaluación . . . . .	12
4.3. Tutorías y Foros de Debate . . . . .	14
4.4. Material didáctico . . . . .	15
<b>5. Descripción de la Experiencia</b>	<b>16</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>21</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>23</b>
<b>8. Futuras Experiencias</b>	<b>24</b>
8.1. Cálculo de Aviones en Ingeniería Aeronáutica para el Curso 2013-2014 . . . . .	24
8.2. Cálculo de Aeronaves en Grado en Ingeniería Aeroespacial para el Curso 2013-2014 . . . . .	26
<b>9. Agradecimientos</b>	<b>27</b>
<b>Referencias</b>	<b>29</b>

---

## 1. Introducción

En este trabajo se presenta una experiencia universitaria de metodología Project Based Learning (PBL), de la asignatura Cálculo de Aviones de último curso de Ingeniería Aeronáutica, que se imparte en la Universidad de Sevilla, en la que se les enseña a los alumnos a diseñar un avión siguiendo la metodología PBL. En este documento se muestran los pasos habituales de la metodología elegida (PBL), y que puede servir de motivación para aquellas personas que quieran ver plasmado en un ejemplo real todo el proceso metodológico, su documentación en la guía de la asignatura, y los resultados.

El trabajo aquí presentado se va a estructurar de la siguiente manera: una breve descripción del contexto en el que se encuadra la asignatura en se presenta en el capítulo 2; el capítulo 3 describe el objetivo perseguido por la asignatura, mientras que la metodología empleada para obtener dicho objetivo se presenta en el capítulo 4, incluyendo la metodología docente, el sistema de calificación y evaluación, las tutorías y los foros de debate, y el material didáctico empleado; el capítulo 5 presenta la descripción de la experiencia hasta día de hoy; los capítulos 6 y 7 presentan los resultados y las conclusiones respectivamente, y por último, en los capítulos 8 y 9 se presentan como se van a plantear las nuevas experiencias para la asignatura adecuándose al nuevo contexto de la universidad, los agradecimientos respectivamente.

## 2. Titulación

Para poder entender el contexto en el que se encuadra la experiencia PBL presentada en este artículo, es interesante presentar el Plan de Estudios de Ingeniero Aeronáutico de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros (ETSI) de la Universidad de Sevilla (US), el cual consta de dos ciclos, sin titulación intermedia, y está estructurado en asignaturas distribuidas a lo largo de cinco cursos, con un total de 390 créditos (siendo 1 crédito equivalente a 10 horas de clase). Para obtener el título se exige la realización de un Proyecto de Fin de Carrera. El Primer Ciclo de Ingeniero Aeronáutico está constituido por disciplinas estructuradas en dos cursos, y requiere para su superación la obtención de 152.5 créditos, de los cuales 97.5 corresponden a materias troncales, 39 a obligatorias, y 16 a libre configuración. El Segundo Ciclo de Ingeniero Aeronáutico está estructurado en tres cursos y requiere para su superación la obtención de 237.5 créditos, de los cuales 112.5 corresponden a materias troncales, 43.5 a obligatorias, 52.5 a optativas, 23 a libre configuración, y 6 al Proyecto de Fin de Carrera. La figura 1 representa el Plan de Estudios de Ingeniero Aeronáutico de la ETSI de la US Dentro del Plan de Estudios de Ingeniero Aeronáutico existen tres intensificaciones:

- Aeronaves y Vehículos Espaciales
  - Producción Aeronáutica
-

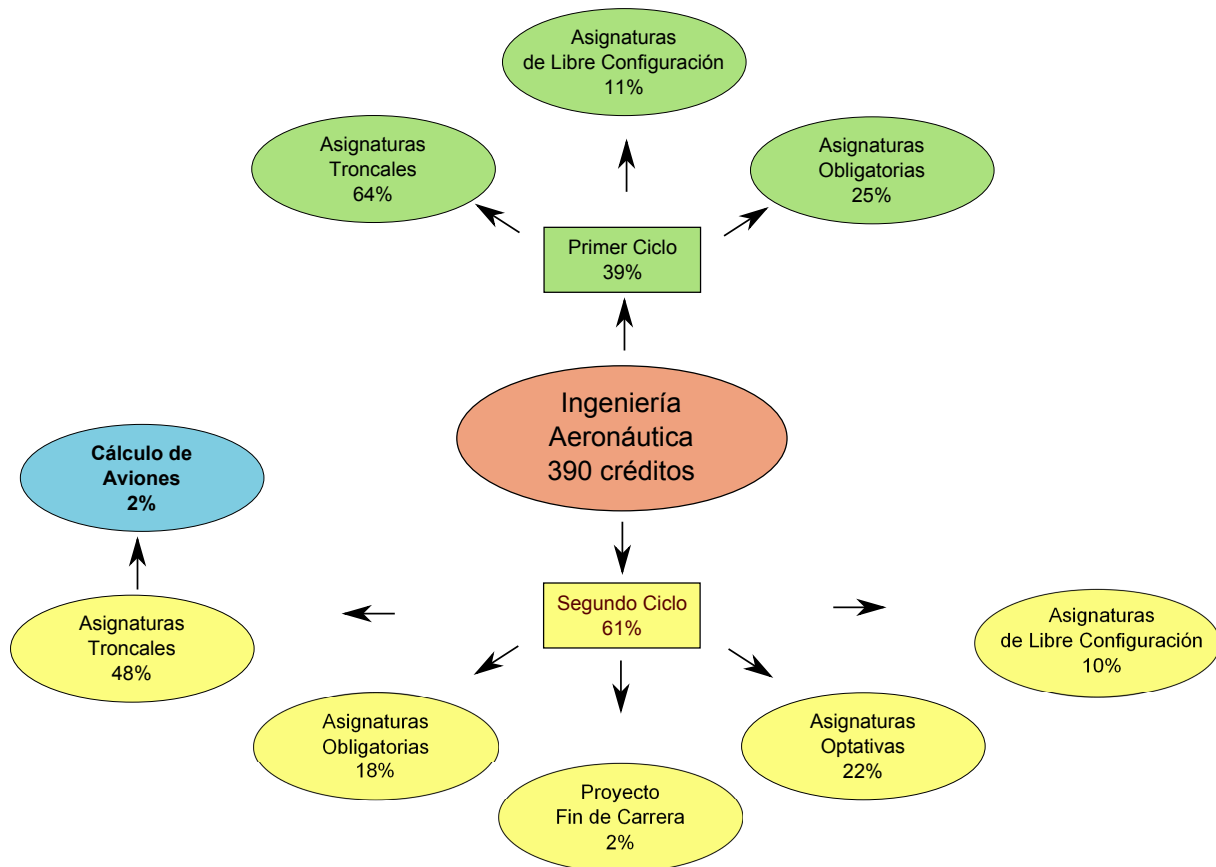


Figura 1: Plan de Estudios de Ingeniero Aeronáutico de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

#### ■ Infraestructura del Transporte Aéreo

La asignatura de Cálculo de Aviones corresponde a una asignatura de tipo troncal de la titulación de Ingeniero Aeronáutico (plan del 2002) de la ETSI de la US. El número de créditos de esta asignatura es de 4,5 y se imparte durante el segundo cuatrimestre del 5º curso (véase figura 1). Esta asignatura es responsabilidad del Departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos y se adscribe al Área de Ingeniería Aeroespacial. La asignatura tiene una carga horaria dentro del plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica (Universidad de Sevilla), de un total de 42 de horas lectivas, y aproximadamente 68 horas de trabajo del alumno.

El contenido de la asignatura es similar al impartido en la asignatura de Cálculo de Aviones en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ETSIA) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), pero con una filosofía metodológica de la asignatura muy diferente, ya que la asignatura de Cálculo de Aviones impartida en la ETSI de Sevilla se imparte con la metodología PBL, mientras que en la UPM se imparte de forma convencional mediante clases magistrales, y exámenes finales de la asignatura.

El proyecto docente que aquí se presenta está altamente influenciado por los programas educativos basados en PBL, aprendizaje autónomo y de cooperación entre los alumnos, los cuales

se imparten para asignaturas similares (Aircraft Design) en numerosas universidades líderes en el sector aeroespacial en países tan diversos como Reino Unido, EE.UU., Alemania, Holanda, e Italia, por nombrar algunas. Hay que hacer notar que la experiencia aquí presentada ha sido diseñado a medida por el autor para cumplir las necesidades de la titulación de Ingeniería Aeronáutica de la ETSI de Sevilla, atendiendo a las limitaciones de créditos de la asignatura impartida, por lo que a pesar que presentar muchas similitudes con las metodologías empleadas se ha tenido que adecuar de herramientas tanto al profesorado, como al alumno para ser capaz

Dada la complejidad asociada al diseño de un sistema como un avión, es necesario que el alumno tenga una serie de conocimientos y destrezas previos en el área aeroespacial, tales como propulsión, aerodinámica, estructuras, mecánica del vuelo, estabilidad y control, diseño gráfico, y por último de organización y gestión de proyectos de gran escala. Son también importantes destacar que el alumno debe poseer destrezas matemáticas como el cálculo, álgebra, geometría, y/o ecuaciones diferenciales, así como conocimientos en técnicas CAD, por lo que su ubicación de la asignatura de Cálculo de Aviones en el segundo cuatrimestre del último año de carrera es ideal para permitir que los alumnos hayan podido cursar un gran número de las asignaturas con competencia cruzadas. Dichas asignaturas con competencias cruzadas se describen a continuación: Aeronaves y Vehículos Espaciales (Troncal, Primer curso). Aerodinámica I (Troncal, Tercer curso). Mecánica del Vuelo I (Troncal, Cuarto curso) Estructuras Aeronáuticas (Obligatoria, Cuarto curso). Propulsión Aérea y Espacial (Troncal, Cuarto curso). Producción Aeroespacial (Troncal, Quinto curso). Diseño asistido por ordenador (Obligatoria, Quinto curso). Diseño estructural de aviones (Optativa, Quinto curso). Mecánica del Vuelo II (Optativa, Quinto curso). Aerodinámica II (Optativa, Quinto curso). Instalaciones de Aeronaves (Optativa, Quinto curso). Integración de sistemas y pruebas funcionales (Optativa, Quinto curso).

Las siguientes secciones van a describir la experiencia docente de la asignatura de Cálculo de Aviones en la ETSI de la US, que desde el primer año de implantación de la asignatura (curso 2006-2007) ha sido estructurada como una metodología en formato de proyectos (PBL) .

### **3. Objetivo**

La asignatura de Cálculo de Aviones tiene como objetivo principal dotar al ingeniero aeronáutico de una formación básica teórica y práctica en el área de diseño de aeronaves. Esta asignatura es considerada como base en el aprendizaje de cualquier ingeniero aeronáutico, ya que permite entender el concepto de ingeniería concurrente de todas las diferentes áreas de ingeniería que son necesarias para diseñar un avión (también conocida como ingeniería colectiva). Los alumnos adquieren a lo largo de su formación una serie de herramientas (piezas del rompecabezas), pero no se les da las instrucciones que les permita encajar dichas piezas de tal manera que resulten en un diseño un avión completo.

---

Desde el punto de vista de un ingeniero, el diseño completo de un avión es el fruto de un compromiso entre el conocimiento, experiencia, y deseo de los muchos ingenieros que forman los distintos grupos de diseño necesarios para acometer dicha tarea. Resulta natural el entender que para cada uno de los grupos de diseño, pueden considerar que su área de responsabilidad es más importante que el resto de áreas necesarias para el diseño completo de un avión, lo que si no se conduce adecuadamente, puede llevar a la visión de C. W. Miller [1]. en su viñeta “Dream airplanes” (Figura 2), en la que describe lo que podría pasar si se dejara que cada uno de los distintos grupos de diseño se tomaran en serio el que su grupo es el más importante a la hora de acometer el diseño de un avión.

Es necesario hacer entender a los alumnos que, cada uno de los distintos grupos de diseño, son piezas necesarias de un rompecabezas mayor, y que es necesario encontrar la clave que permite resolver dicho rompecabezas para evitar reproducir la visión de C. W. Miller. Proporcionar esta clave es tarea de los profesores, y es el objetivo principal de esta asignatura el proveer las instrucciones para completar dicho rompecabezas. En esta asignatura los alumnos aprenden a utilizar los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera para ser capaces de diseñar un avión siguiendo las especificaciones e instrucciones propuestas por el instructor mediante la aplicación de metodologías PBL, y utilizando como herramienta de cohesión entre todos los distintos grupos de diseño el concepto de ingeniería concurrente tal como se aprecia en la Figura 3.

A pesar de que el alumno no ha sido necesariamente instruido durante la carrera en como utilizar dichos conocimientos de forma concurrente para el diseño de un avión, es tarea de esta asignatura, y del profesor, el proveer a los alumnos de las herramientas y el contexto que permita que se interconecten todas las diferentes áreas. Esto permite que el alumno sea capaz de aplicar dichos conocimientos prácticos de forma inmediata, haciendo especial énfasis en la capacidad de trabajo en grupo, y en la resolución de un problema complejo mediante colaboración entre las distintas áreas de trabajo.

La asignatura se centra en definir una serie de objetivos que sirven de ayuda y de guía al alumno para acometer el diseño de un avión. Un primer objetivo de la asignatura es que los alumnos sean capaces al final del curso de diseñar y defender un proyecto de avión que cumpla satisfactoriamente las especificaciones definidas en la propuesta de diseño efectuada por el instructor, también denominada Request For Proposal o RFP. Se enseña a los estudiantes todos los aspectos relacionados con el proceso de diseño de aviones, donde aprenden a emplear herramientas, métodos y procedimientos específicos que de la industria aeroespacial durante el proceso de diseño conceptual de aeronaves. Se pretende que los alumnos sean capaces de unificar e interrelacionar los conocimientos aprendidos durante la carrera, lo que les permitirá ser capaces de aplicar dichos conocimientos en un problema real.

Como segundo objetivo los alumnos se familiarizaran con algunos de los procesos de ingeniería concurrente que existe hoy en día en la industria aeronáutica al tener que enfrentarse a muchos

---

de los desafíos a los que se enfrenta un ingeniero aeronáutico durante el proceso de diseño de un avión, lo que permite que los estudiantes tengan su primera experiencia con la industria. Mediante el empleo de metodología PBL, los alumnos aprenden a administrar un proyecto de grandes dimensiones con fechas y metas fijadas a priori, y experimentan los desafíos a los que se enfrentarán en una industria competitiva. Los alumnos trabajan en grupos (el número de integrantes es definido por el instructor) y compiten con el resto de grupos diseñando el avión que cumple mejor los requisitos del RFP propuesto por el instructor. Cada grupo estará constituido por 6 áreas de investigación, las cuales están intrínsecamente relacionadas, creando un entorno de ingeniería concurrente altamente cohesionado. Las 6 áreas de trabajo en las que se dividirán los alumnos son: Aerodinámica, Actuaciones, Propulsión, Estabilidad y Control, Estructuras, y por último Diseño y Sistemas.

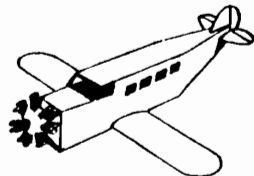
Tal como se ha visto, el diseño de un avión requiere la coordinación de muchas disciplinas, por lo que, cuando se trabaja en un entorno PBL, es inherente que el trabajo de cada una de las áreas sea altamente dependiente de los resultados del resto de áreas, por lo que los alumnos deben aprender a trabajar en un entorno altamente coordinado que permita la integración, de forma simultánea, en el diseño de los diversos conceptos que permiten diseñar de forma eficiente, y será tarea del profesor, mediante la aplicación de la metodología PBL, el conseguir que los alumnos entiendan el grado de interconexión existente entre cada una de las áreas para crear un entorno de ingeniería concurrente cohesionado (ver Figura 4). El profesor emplea las sesiones de teoría y las sesiones de tutoría (que serán explicadas en más detalle más adelante) para poder transmitir al conjunto del grupo el grado de interacción que existe entre las 6 áreas de trabajo. En este entorno de metodología docente, y dado que los grupos están formados por 6 subgrupos de intesnsificación, cada subgrupo es responsable de una de las 6 áreas, por lo que es a su vez responsable de mantener una línea de comunicación constante entre cada una de las áreas.

Los alumnos aprenden a gestionar responsabilidades individuales en un entorno de grupos de trabajo. Se hace énfasis en la necesidad de fomentar una comunicación efectiva entre los diferentes componentes de los grupos, de tal manera que sean capaces de transmitir sus ideas, de escuchar las ideas de los demás, aceptar las críticas y valorarlas, así como analizar el “feedback” del resto de grupos que se obtienen en las distintas revisiones y foros de debate, de los cuales se describirá más adelante. Se hace hincapié en que el alumno deberá aprender a confiar en el trabajo de los miembros de su propio grupo debido a la necesidad de dividir tareas, así como ser capaz de organizarse y trabajar en un entorno coordinado y planificado para poder cumplir con las fechas de entrega de los diferentes paquetes o entregas del trabajo en los que estará dividida la asignatura. De igual forma, se hace ver al alumno que el resto de miembros de su grupo dependen también de su productividad, por lo que se convierte en un proyecto con responsabilidades compartidas, al igual que sucede en el mundo real de la industria, creando un sentimiento de compromiso dentro de cada grupo. En definitiva, los alumnos se ven abocados a ejercer tareas de ingeniero para lo que se han estado preparando a lo largo de la carrera.

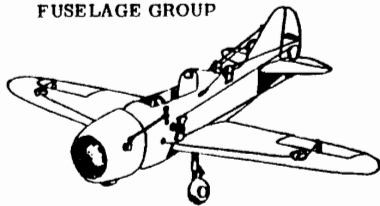
---



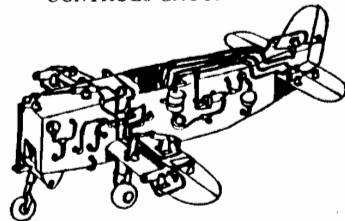
# DREAM AIRPLANES



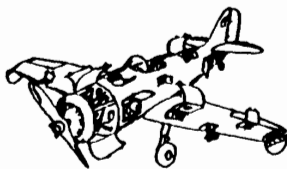
FUSELAGE GROUP



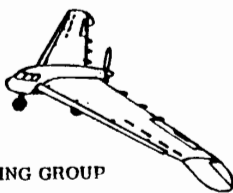
CONTROLS GROUP



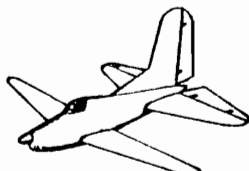
HYDRAULICS GROUP



SERVICE GROUP



WING GROUP

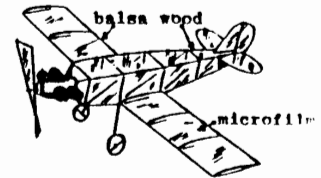


EMPENNAGE GROUP

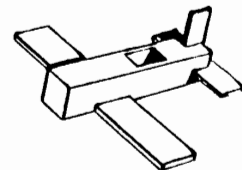
A completed airplane in many ways is a compromise of the knowledge, experience and desires of the many engineers that make up the various design and production groups of an airplane company.

It is only being human to understand why the engineers of the various groups feel that their part in the design of an airplane is of greater importance and that the headaches in design are due to the requirements of the other less important groups.

This cartoon "Dream Airplanes" by Mr. C. W. Miller, design engineer, indicates what might happen if each design or production group were allowed to take itself too seriously.



WEIGHT GROUP



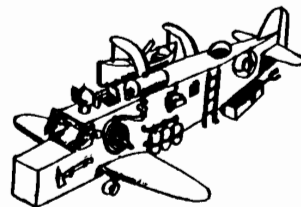
LOFT GROUP



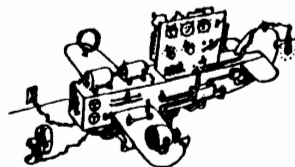
PRODUCTION ENGINEERING GROUP



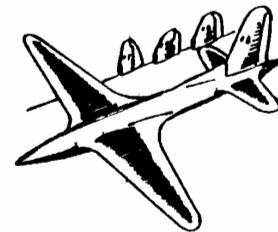
ARMAMENT GROUP



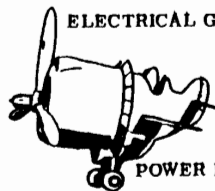
EQUIPMENT GROUP



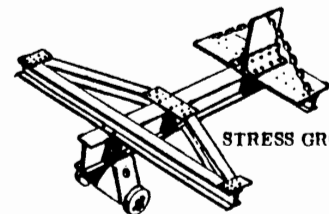
ELECTRICAL GROUP



AERODYNAMICS GROUP



POWER PLANT GROUP



STRESS GROUP

Figura 2: Dream Airplanes.

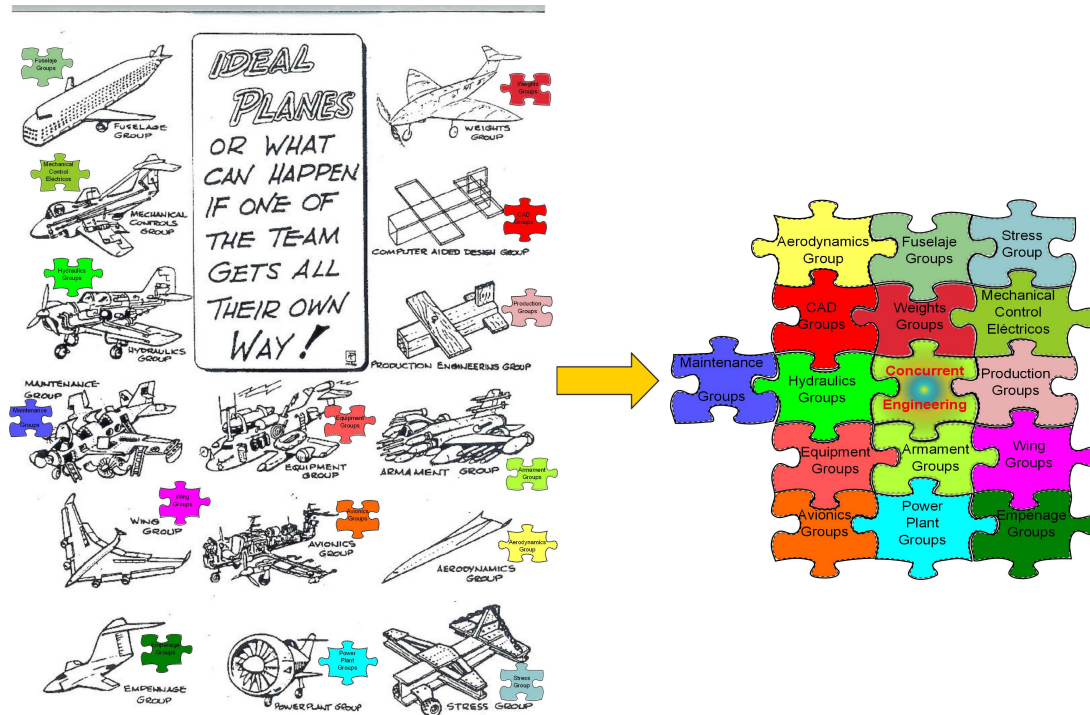


Figura 3: Ingeniería Concurrente en el Diseño de Aviones.

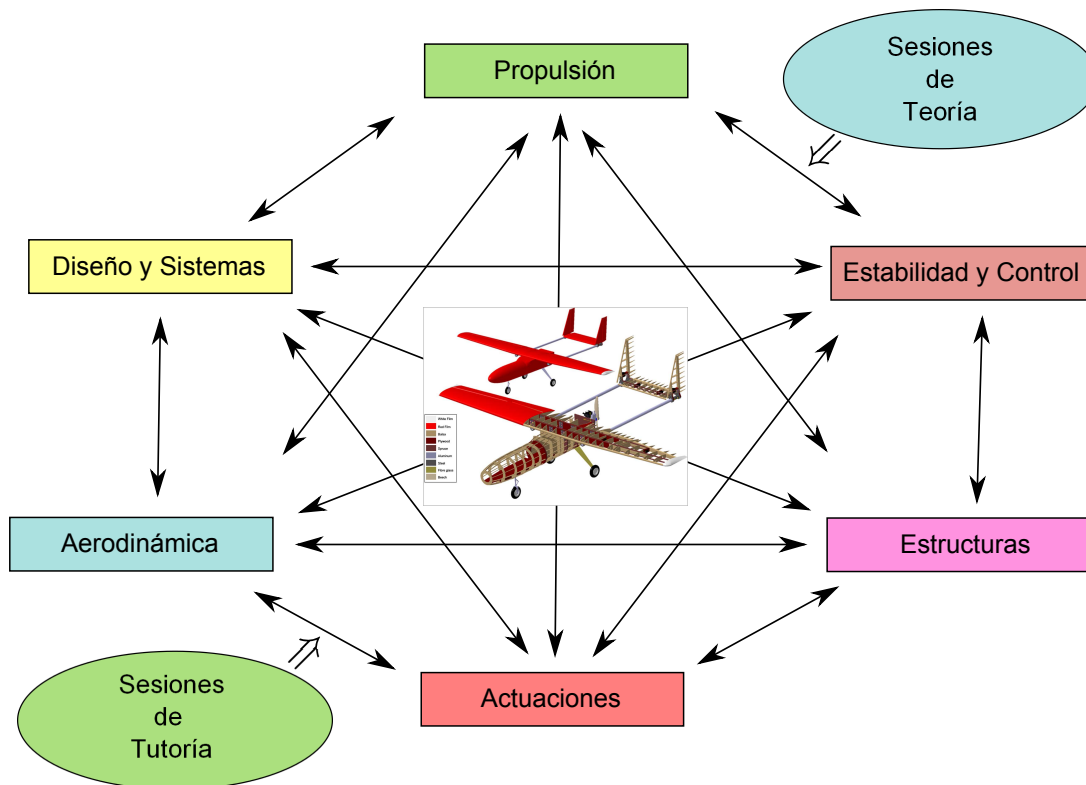


Figura 4: Interacción entre Áreas de Diseño para la Asignatura de Cálculo de Aviones.

## 4. Metodología

En esta sección se va a describir en detalle la metodología de la asignatura, la cual se divide en: metodología docente, los sistemas de calificación y evaluación, las tutorías, y por último los foros de debate.

### 4.1. Metodología Docente

La metodología docente elegida por el profesor considera como primordial el seguimiento periódico, con presentaciones regulares sobre el estado de los proyectos y entrega de informes, para asegurar que los alumnos son capaces de cumplir todo los plazos. Esto introduce a la vez los conceptos de autogestión, y responsabilidad, ya que cada grupo de trabajo tiene que ser capaz de autogestionar sus recursos (componentes del grupo y tiempo) para cumplir los objetivos en las distintas fechas.

Esta apuesta por el seguimiento periódico se potencia mediante el desdoblamiento de la figura del profesor en tres figuras que realizan tareas distintas, pero coordinadas, que se apoya en la división de la docencia propia de la asignatura en tres grandes bloques: **SESIONES TEÓRICAS**, **SESIONES DE CONTROL**, y **SESIONES DE TUTORÍA**. En cada una de estas sesiones, el profesor representará una figura diferente (**INSTRUCTOR**, **CONTRATISTA**, y **CONSULTOR**), lo que permitirá que los alumnos sean capaces de experimentar todas las fases que aparecen en el diseño de aviones en la industria. La metodología docente se basa en los siguiente mecanismos:

1. **SESIONES TEÓRICAS** (clases presenciales - 36 horas): durante la sesiones teóricas se proveerá, mediante clases magistrales, del material necesario para que los alumnos puedan llevar a buen término el diseño de la aeronave.
  - a) Las clases magistrales se imparten en las aulas del centro según la programación anual aprobada por la Junta del Centro.
  - b) El profesor imparte, empleando los medios audiovisuales disponibles, lecciones magistrales de los contenidos temáticos de la asignatura.
  - c) El material empleado en las sesiones teóricas (diapositivas) está previamente disponible a los alumnos tanto en medios digitales como físicos, lo que hace que los alumnos puedan centrarse en el contenido de dichas clases.
  - d) Las clases presenciales se dividirán en tres grandes bloques atendiendo a los requisitos de cada una de las tres sesiones de control: diseño preliminar, diseño detallado, y diseño avanzado. En estas sesiones el instructor representará la figura del **INSTRUCTOR**.

e) Estas

2. **SESIONES DE CONTROL** (6 horas): dada la naturaleza de la asignatura, y la dificultad asociada al diseño de un sistema tan complejo como un avión, es necesario que haya un seguimiento periódico, con presentaciones regulares sobre el estado de los proyectos.

- a) Durante el curso se realizarán **tres sesiones de control** en el que se mostrará el progreso adecuado del proyecto mediante presentaciones en clase, junto con la entrega de un informe cumpliendo los requisitos propuestos para cada una de las revisiones.
- b) Dada la naturaleza de la asignatura, y de no existir un diseño de avión único, se fomenta que después de cada una de las exposiciones de los grupos se abra un turno de preguntas en el que los miembros de los grupos “competidores” puedan hacer preguntas sobre aspectos técnicos de la solución de diseño adoptada para satisfacer los requisitos de diseño.
- c) El profesor, que representará la figura del **CONTRATISTA** que ha presentado el RFP, también realizará las preguntas que considere adecuado después de cada presentación.
- d) Las sesiones de control se dividirán en tres grandes bloques: Revisión I - diseño preliminar (5 minutos por grupo); Revisión II - diseño detallado (10 minutos por grupo); Revisión III - diseño avanzado y optimización (15 minutos por grupo).
- e) Adicionalmente a las tres sesiones de control, se realizará una última sesión de control (examen final), el cual consistirá en una exposición final en la que cada grupo hará una presentación final de sus proyectos que deberá defender ante el **CONTRATISTA**, y si es posible, ante otros evaluadores externos de la industria aeronáutica (30 minutos por grupo).

3. **SESIONES DE TUTORÍA**: dada la naturaleza de la asignatura, y la dificultad asociada al diseño de un sistema tan complejo como un avión, es necesario que haya un seguimiento periódico, con presentaciones regulares sobre el estado de los proyectos.

- a) Una vez realizadas las exposiciones, el profesor, ejerciendo de **CONSULTOR**, organizará sesiones de tutorías para cada grupo y obligatorias para cada uno de los grupos de diseño durante la semana posterior a la presentación de las **SESIONES DE CONTROL**.
  - b) Estas sesiones se realizarán la semana inmediatamente después de las sesiones de control, y estarán enfocadas a dos objetivos centrales: resolver las posibles dudas que haya planteado el **CONTRATISTA**, y enfocar el trabajo de cada grupo pensando en la siguiente sesión de control, o examen final.
-

- c) En estas sesiones se discutirán en detalle los pormenores del diseño presentado en la sesión de control, así como los comentarios efectuados en dichas sesiones por la parte **CONTRATANTE**, donde se revisará el diseño de la aeronave, y se aconsejará a cada uno de los miembros del grupo para poder satisfacer los requisitos de las diferentes entregas.
- d) El **CONSULTOR** dará las pautas necesarias para que los grupos continúen con el proceso de diseño, de tal manera que puedan concluir con éxito en el diseño de un aeronave que sea capaz de cumplir el RFP. Mediante el uso de estas **SESIONES DE TUTORÍA**, el **CONSULTOR** se asegura que el alumno entiende el proceso de diseño basado en la ingeniería concurrente.
- e) Las **SESIONES DE TUTORÍA** se dividirán en tres grandes bloques: Tutoría I - pautas referentes a la Revisión I: diseño detallado; Tutoría II - pautas referentes a la Revisión II: diseño avanzado y optimización; y Tutoría III - pautas referentes a la Revisión III, y para el diseño final.

Al principio del curso, los alumnos reciben la programación de cuando se van a realizar las distintas sesiones. En la Figura 5 se puede observar la planificación que se ha realizado para el curso 2013-2014, en la que se puede apreciar las distintas sesiones:

1. las **SESIONES DE TEORÍA**: 24 clases marcadas con círculos amarillos en las que se imparte las clases magistrales,
2. las **SESIONES DE CONTROL**: 4 sesiones marcadas con círculos rojos, en las que cada grupo presenta el progreso de su diseño,
3. y por último las **SESIONES DE TUTORÍA**: 3 sesiones marcadas por rectángulos rojos justo, la semana justo después de las **SESIONES DE CONTROL** en las que el instructor pone a disposición de los grupos distintos horarios para que elijan el horario en el que se realizarán sesiones de 2 horas y 30 minutos en las que se realiza el seguimiento individualizado por grupo.

Esta metodología de proyectos PBL tiene como objetivo que los alumnos sean capaces de enfrentarse a un entorno lo más parecido a lo que se van a encontrar en el mundo real, donde la aglutinación de las tres figuras “docentes” (**INSTRUCTOR, CONTRATISTA, y CONSULTOR**) en una misma persona permite potenciar la realidad de la experiencia docente.

Esta metodología se puede observar de forma esquemática en la Figura 6, donde se puede apreciar el concepto de las “tres gorras” que tiene que emplear el profesor. Las tareas intrínsecas de cada una de las tres figuras son llevadas a término por el único instructor de la asignatura, lo que requiere de una serie de mecanismos bien estructurados que permitan llevar a buen término la metodología propuesta. Adicionalmente a las **SESIONES TEÓRICAS, SESIONES**

**DE CONTROL, Y SESIONES DE TUTORÍA**, el profesor disponen de los siguientes mecanismos que ayudan a la aplicación de la metodología PBL:

1. **Grupos de Trabajo:** los alumnos se dividen en grupos de trabajo reducido (entre 5-6 alumnos), donde cada grupo tendrá que desarrollar un proyecto de un avión que cada grupo selecciona de entre las varias propuestas presentadas por el instructor al principio del curso. Los alumnos tienen libertad para elegir los componentes del grupo, con la única restricción referente al número de integrantes (5-6 alumnos). Dichas propuestas son definidas mediante uno o varios RFPs, en los que se describen de forma detallada, y dentro de un contexto de oportunidad de mercado, la necesidad de diseñar un aeronave que sea capaz de cumplir un perfil de misión detallado definido en el RFP, con sus requisitos, restricciones, y grados de libertad que cada grupo debe fijar. Una vez definidos los grupos, se les permite que elijan el RFP que quieren cumplir. Cada grupo estará constituido por 6 áreas de investigación, las cuales están intrínsecamente relacionadas, y será tarea del profesor conseguir que los alumnos entiendan el grado interconexión existente entre las áreas para crear un entorno de ingeniería concurrente cohesionado. Las áreas en las que se divide cada grupo son: Aerodinámica, Actuaciones, Propulsión, Estabilidad y Control, Estructuras, y Diseño y Sistemas.
  2. **Definición Detallada de Hitos:** se definen también los requisitos y fechas de los diferentes entregables en los que se dividirá la asignatura, y las pautas de evaluación para cada uno de los entregables. Para poder potenciar la componente educativa del alumno es importante que el problema esté correctamente definido, dejando grados de libertad que permitan que el alumno pueda tomar sus propias decisiones. Es necesario que el profesor de soporte técnico a los alumnos mediante herramientas de ingeniería, y de gestión de grupos.
  3. **Sesiones virtuales.** El alumno cuenta en todo momento con la ayuda del profesor de forma no presencial a través del correo electrónico, y de la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Sevilla.
  4. **Seminarios.** Los seminarios se ofrecerán puntualmente y con carácter ocasional. Son talleres donde el alumno recibirá conocimientos sobre temas de interés y de máxima actualidad, en los que pueden intervenir profesores invitados expertos en la materia. Ofrecen la oportunidad de tomar contacto con técnicos y profesionales, de resolver dudas respecto al trabajo profesional, de iniciar contactos para futuros Proyectos Fin de Carrera o incluso de facilitar un primer contacto laboral.
  5. **Visitas de prácticas.** Ocasionalmente se podrán efectuar visitas a instalaciones de organizaciones relacionadas con el contenido de la asignatura.
-

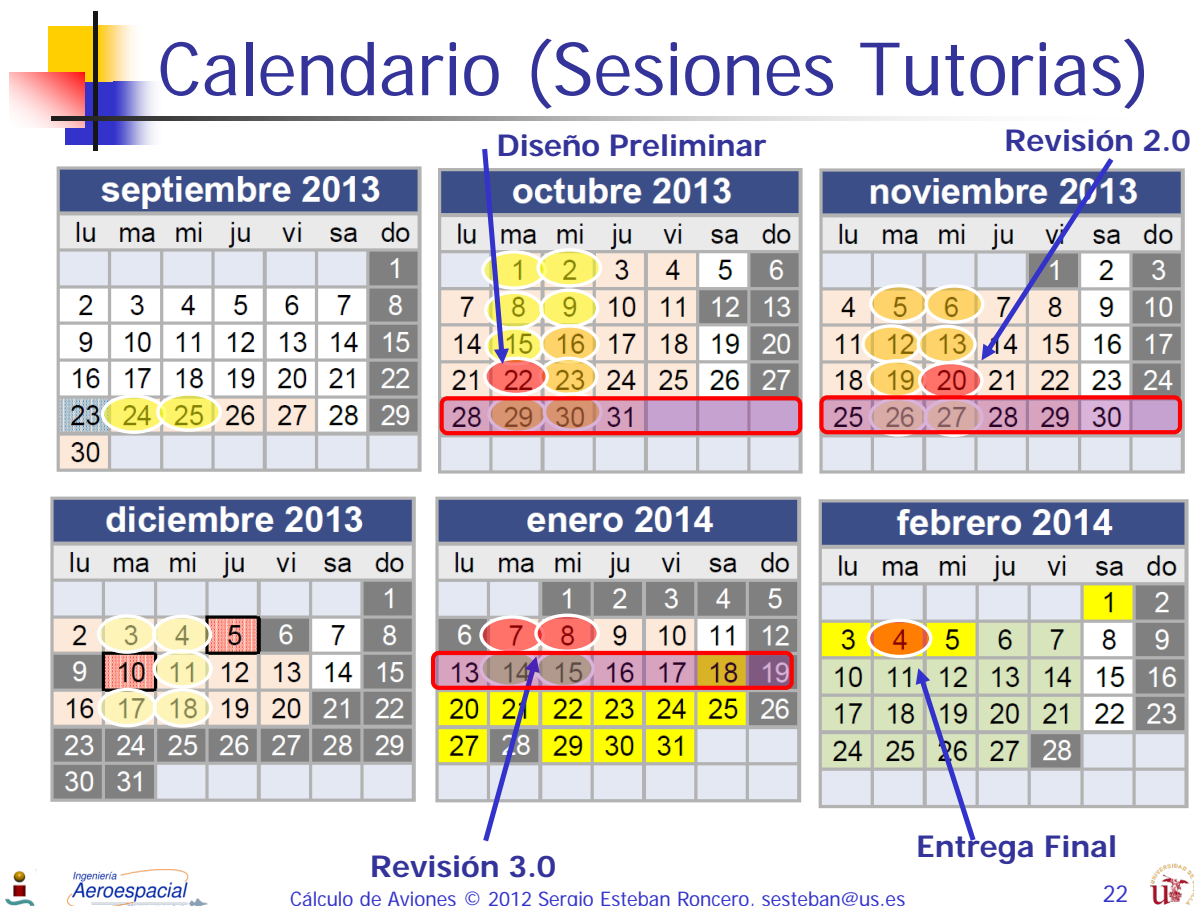


Figura 5: Organización Sesiones Teóricas, Sesiones de Control, y Sesiones de Tutoría - Curso 2013-2014.

6. **Página web de la asignatura.** El alumno cuenta en todo momento con la ayuda del profesor, que intentarán resolver todas y cada una de las dudas que se le vayan planteando a lo largo de su aprendizaje. Para ello podrá emplear el correo electrónico. Los materiales didácticos del curso, en formato de páginas HTML o PDF, se podrán obtener también a través de la página web de la asignatura (<http://www.aero.us.es/adesign/>), como la plataforma de Enseñanza Virtual de la Universidad de Sevilla (<https://ev.us.es>) la cual se emplea de forma muy activa para las comunicaciones entre el profesor y los alumnos.

## 4.2. Sistema de calificación y evaluación

Tal como se ha descrito previamente, al principio del curso académico, se proponen requisitos para el diseño de distintas aeronaves, los alumnos se forman en grupos de diseño, y eligen la propuesta de RFP que quieren realizar. Durante el curso se deberán presentar tres informes técnicos (asociados a las tres sesiones de control) y una memoria final (durante la sesión de control del examen final). Para aprobar la asignatura, será necesario entregar los tres informes técnicos, asistir a las presentaciones de los mismos, y realizar la entrega y defensa del diseño

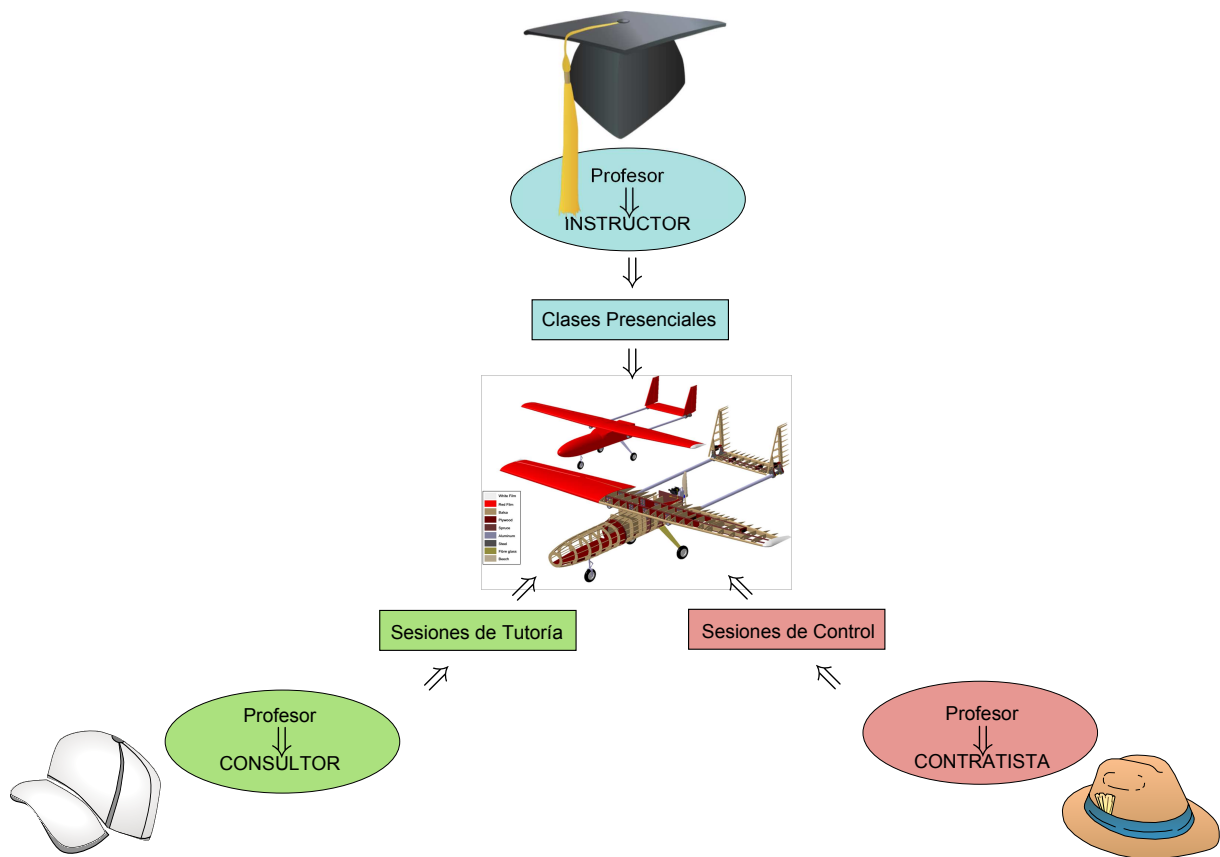


Figura 6: Metodología Docente.

final.

Los criterios de evaluación y calificación tendrán en cuenta el nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas, la calidad global del proyecto, y el progreso de los respectivos informes técnicos que se realizan a lo largo del curso y sus respectivas presentaciones. Para aprobar la asignatura será necesario obtener una calificación superior o igual a 5 puntos (sobre 10). La nota final de la asignatura de cada alumno vendrá determinada (aproximadamente) por la suma de las notas obtenidas en las siguientes evaluaciones:

- Parte asociada al trabajo individual de cada persona (~35%).
  - Evaluación de la parte individual realizada por cada alumno.
- Parte asociada al trabajo de grupo (~35%).
  - Evaluación del documento final en su conjunto.
- Presentación Final (~10%).
  - Defensa en grupo del proyecto final
- Sesiones de control (~15%)



- Presentación y documento técnico de la 1ª sesión de control (~5 %).
  - Presentación y documento técnico de la 2ª sesión de control (~5 %).
  - Presentación y documento técnico de la 3ª sesión de control (~5 %).
- Asistencia a clase (~5 %)

Como herramienta adicional se solicitará a los integrantes de cada grupo, que evalúen su contribución, y la contribución de cada uno de los componentes del grupo, para así poder emplear dichas evaluaciones para corregir la nota si se aprecia anomalías en la contribución de algún componente del grupo, de tal manera que el grupo no se vea penalizado.

### 4.3. Tutorías y Foros de Debate

El número de horas previsto de tutorías será de 6 horas a la semana. Estas horas de tutoría serán situadas de forma que coincidan con el turno opuesto y en días diferentes al del desarrollo de las clases de la asignatura. Adicionalmente, y dada la naturaleza de la asignatura, se utilizarán las herramientas pedagógicas disponibles en el entorno de Enseñanza Virtual de la Universidad de Sevilla, específicos para la asignatura de Cálculo de Aviones. Para la comunicación entre el profesor y los alumnos de forma efectiva y rápida, se utilizan las herramientas digitales disponibles para la creación de distintos **FOROS DE DEBATE**. Se diferencian cuatro tipos de Foro de Debate dependiendo del contexto en el que se emplea. Los tres primeros están enfocados en proveer cauces de comunicación entre el **INSTRUCTOR/CONSULTOR/COTRATISTA** y los distintos grupos para resolver dudas referente al material docente, dudas de diseño, o al RFP, siendo los foros:

#### 1. Foro de Debate Común:

- a) Se emplea el Foro de Debate para responder dudas comunes a todas las áreas.

#### 2. Foro de Debate por Grupo:

- a) Cada grupo tiene asignado un foro de debate directo con el instructor, por lo que puede comunicarse de forma directa sin que el resto de grupos tenga conocimiento de la información abordada.

#### 3. Foro de Debate por Áreas:

- a) Todos los alumnos tienen asignados un área de especialización en su grupo, siendo estas: diseño, aerodinámica, estructuras, actuaciones, propulsión y estabilidad.
-

- 1) Se emplea un foro de debate especializado para cada una de las 6 áreas, y cada alumno pertenecerá al foro asignado a su área de intensificación, de tal manera que el instructor utiliza dicho foro para comunicaciones referentes de forma específica a cada una de esas áreas.

El cuarto Foro de Debate abre un cauce de comunicación entre el profesor y los alumnos permitiendo la re-alimentación por parte de los alumnos al finalizar el curso del nivel de satisfacción de la asignatura, siendo, desde el punto de vista de mejora de la asignatura, el más importante de los Foros de Debate, ya que el profesor recibe una realimentación directa de los alumnos referente a la propia docencia de la asignatura.

#### 1. Foro de Debate de la Asignatura:

- a) Siguiendo pautas semejantes que se emplean en algunas universidades anglosajonas, una vez que los alumnos realizan las presentaciones del examen final, el instructor abre una mesa redonda en la que se pide que los alumnos expresen las posibles mejoras en la asignatura enfocadas en la mejora de la experiencia docente de los alumnos para el año siguiente: idoneidad del material docente disponible, fechas de entregables, presentaciones, enfoque de las clases magistrales, etc.

El uso de estos foros permite dar apoyo y continuidad a la tarea docente de la asignatura, permitiendo que la figura de **CONSULTOR** esté disponible a los grupos, áreas de intensificación y alumnos de una manera rápida y eficiente.

#### 4.4. Material didáctico

El material didáctico que se pondrá a disposición de los alumnos consistirá en:

- Apuntes del curso de Cálculo de Aviones.
  - Transparencias empleadas en las lecciones teóricas.
  - Transparencias adicionales sobre temas de soporte adicional.
  - Pautas referentes a las tareas a realizar posteriormente a las sesiones de control.
  - RFP propuestos en años anteriores (2006-2013).
  - Comparativas de aeronaves similares a los propuestos en RFP's.
  - Presentaciones de los trabajos presentados por los alumnos en cursos anteriores (2006-2013).
-

- Información adicional sobre las transparencias de otros programas educativos referentes al diseño de aeronaves.
- Información sobre software útil para la asignatura de Cálculo de Aviones.
- Todo este material se pone a disposición de los alumnos a través de la página web de la asignatura (<http://www.aero.us.es/adesign/>), y de la página de Enseñanza Virtual de la Universidad de Sevilla (<https://ev.us.es>) el cual se divide en diferentes secciones tal como se puede ver en la página principal en la Figura 7:
  - Contenido del Curso (ver Figura 8): sirve de índice donde ubicar toda el material puesto a disposición del alumno, el cual está a su vez está dividido en: programa de la asignatura; material docente el cual incluye las diapositivas de los distintos bloques de clases magistrales (Figuras 9,); introducción al curso; calendario del curso detallando los hitos y fechas de entregables, así como de las sesiones de control y de tutoría; descripción del RFP de diseño de cada año, con la distinta información necesaria para que cada grupo pueda desarrollar el diseño; asignación de los distintos grupos y áreas de trabajo; y por último una sección de material docente adicional.
  - Anuncios: Foros de comunicación para informar a los estudiantes (ver Figura 10).
  - Biblioteca de Medios: presenta información de áreas (ver Figura 12)
  - Vínculos Web: presenta distintos vínculos web que sirve a los alumnos de fuente de datos adicionales: software específico, bases de datos, páginas de cálculo de aviones en otras asignaturas, y biografía específica de la asignatura (ver Figura 11).

## 5. Descripción de la Experiencia

La metodología implementada ha variado poco en los sustancial estos 7 años de implementación, todo y que se han hecho mejoras sustanciales, la mayoría de ellas propuestas por el propio alumnado mediante el Foro de Debate de la Asignatura que se realiza al terminar las presentaciones finales. Este Foro de Debate ha sido implementado por el profesor desde el primer año (Curso 2006-2007), y tal como se ha dicho previamente, sirve como herramienta principal para la mejora de la docencia, donde la realimentación viene de la mejor fuente posible: los propios alumnos. Algunas de las mejoras que se han ido implementando paulatinamente a los largo de los últimos 6 años son: mejoras de las herramienta didácticas disponibles (medios digitales del material docente); reubicación de fechas de las sesiones de control; realización de Foros de debate centrados en función de áreas; definición más precisa de los hitos, etc...

El nivel de detalle y complejidad de los hitos para cada una de las diferentes áreas de intensidad queda perfectamente definido y delimitado tanto en el RFP, como en las distintas sesiones

---

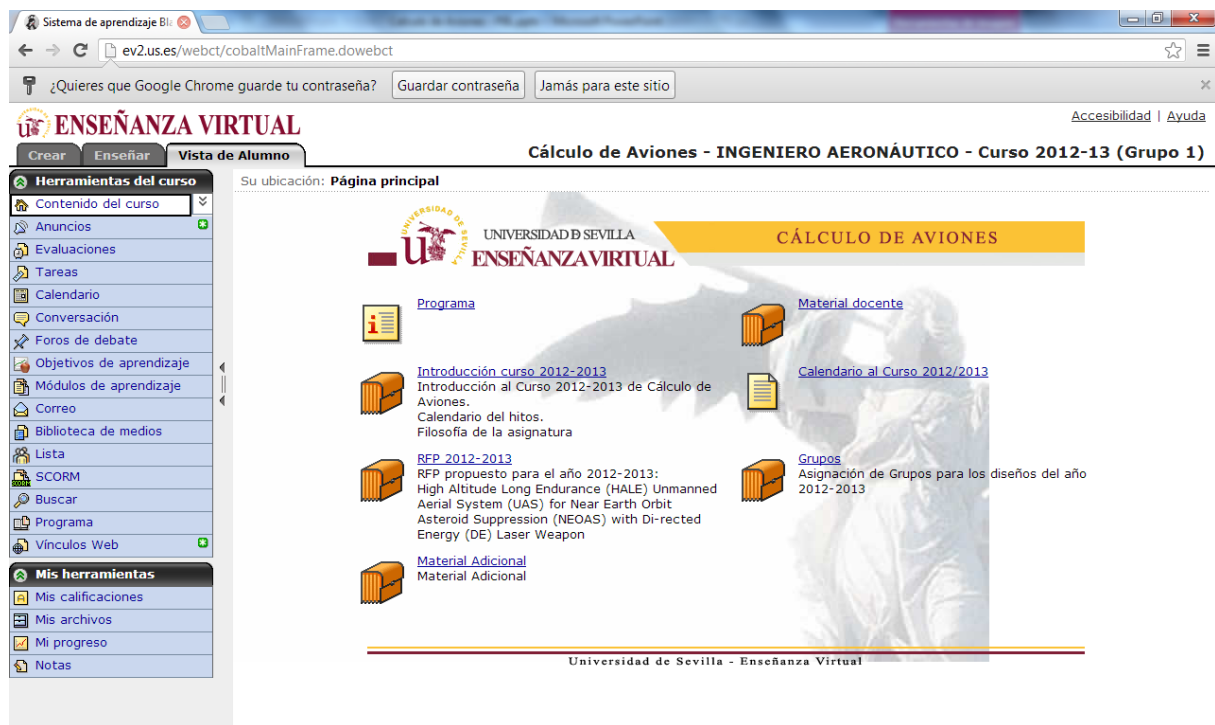


Figura 7: Enseñanza Virtual - Curso 2012-2013 - Página Principal.



Figura 8: Enseñanza Virtual - Curso 2012-2013 - Material Docente.



Figura 9: Enseñanza Virtual - Curso 2012-2013 - Ejemplo de Material Docente Específico para la Revisión 2.

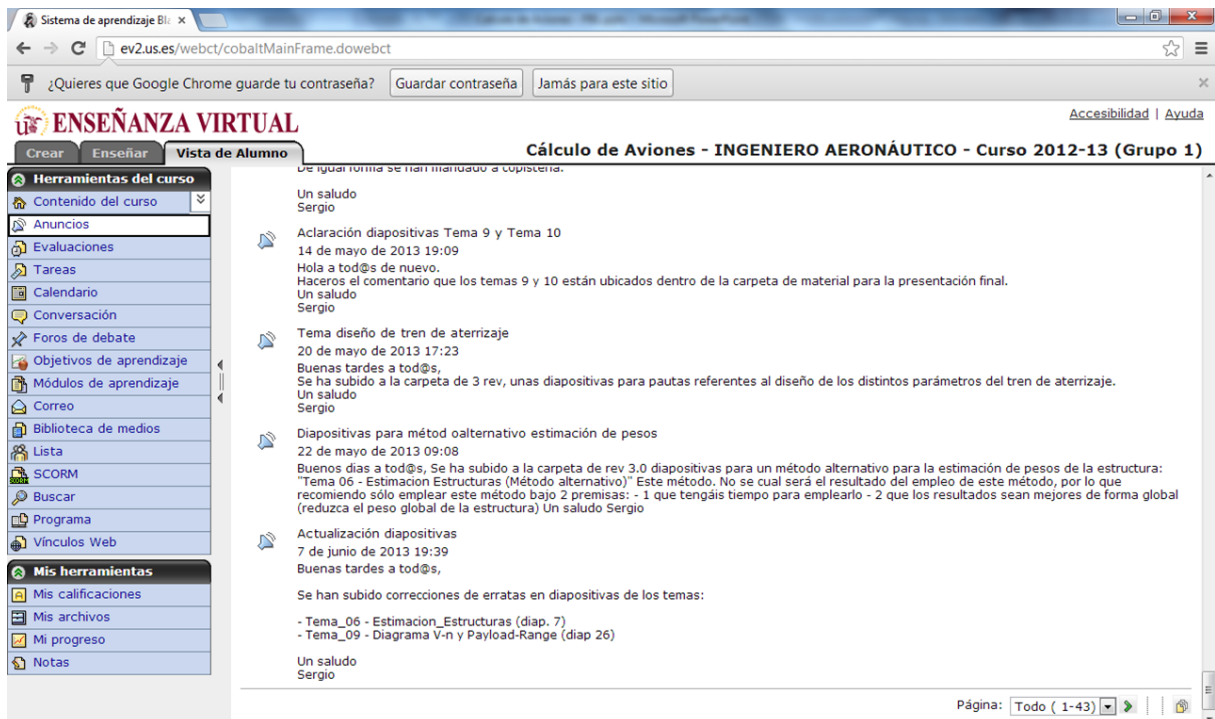


Figura 10: Enseñanza Virtual - Curso 2012-2013 - Anuncios.

Sistema de aprendizaje BI: x  
ev2.us.es/webct/cobaltMainFrame.dowe bct

¿Quieres que Google Chrome guarde tu contraseña? Guardar contraseña Jamás para este sitio

Accesibilidad | Ayuda

**ENSEÑANZA VIRTUAL**

Crear Enseñar Vista de Alumno **Cálculo de Aviones - INGENIERO AERONÁUTICO - Curso 2012-13 (Grupo 1)**

Su ubicación: Enlace

**Vínculos Web**

**Flying Wings**

- B2 Streamlines.com: Links if you have an interest in tailless and/or unconventional aircraft** <http://www.b2streamlines.com/winglinks.html>
- Flying Wings and Tailless Aircraft** <http://www.twitt.org/>
- BLENDED WINGS** <http://www.twitt.org/subindex.htm#bkd&bwb>
- HORTEN DESIGNS** <http://www.twitt.org/subindex.htm#horten>
- Flying Wings/Tailless Aircraft** <http://www.dept.aoe.vt.edu/~mason/Mason/ACIFlyWngs.html>  
Virginia Tech Aircraft Design Information Sources

**Software Útil**

- Free Programs for Aircraft Design & Sizing** <http://www.aircraftdesign.com/ac-size.html>
- DesignFOIL by DreeseCode Software, LLC** <http://www.dreese.com/>
- Advanced Aircraft Analysis (AAA) by DARCorporation** <http://www.darcorp.com/Software/AAA/>
- AeroLogic: Peter Garrisons very useful 3D analysis software** <http://www.aerologic.com/>
- Great 2D Inviscid Euler flow solver for Windows** <http://www.microcfd.com/>
- Davinci Technologies, maker of the user-friendly AirplanePDO airplane design system** <http://www.davincitechnologies.com/AirplanePDO.html>
- Software for Aerodynamics and Aircraft Design (W.H. Mason)** [http://www.aoe.vt.edu/~mason/Mason\\_fmRsoft.html](http://www.aoe.vt.edu/~mason/Mason_fmRsoft.html)

Figura 11: Enseñanza Virtual - Curso 2012-2013 - Material de Soporte: Vínculos Web.

Sistema de aprendizaje BI: x  
ev2.us.es/webct/cobaltMainFrame.dowe bct

¿Quieres que Google Chrome guarde tu contraseña? Guardar contraseña Jamás para este sitio

Accesibilidad | Ayuda

**ENSEÑANZA VIRTUAL**

Crear Enseñar Vista de Alumno **Cálculo de Aviones - INGENIERO AERONÁUTICO - Curso 2012-13 (Grupo 1)**

Su ubicación: Biblioteca de medios

**Biblioteca de medios**

- Glosario**  
Un lista alfanumérica de términos relacionados con este curso y sus descripciones.
- Material para imprimir**
- Videos de CATIA**  
Videos de CATIA  
- Creación de nuevos materiales  
- Diseño paramétrico
- Video Tutorial - XFLR5**  
Video tutorial XFLR5

Figura 12: Enseñanza Virtual - Curso 2012-2013 - Biblioteca de Medios.

teóricas (**INSTRUCTOR**) y las sesiones de tutorías (**CONSULTOR**). Este aspecto es muy importante para la metodología docente por que paradójicamente, durante los primeros años de empleo de esta metodología, y debido a la naturaleza de la asignatura, al servir esta de nexo de unión para justificar el contexto y la interacción entre muchas de las asignaturas de la carrera, los alumnos dedicaban un mayor esfuerzo en esta asignatura que en otras de mismo cuatrimestre, todo y que el instructor les recordaba a los alumnos que la carga lectiva de la asignatura era tan sólo de 4,5 créditos. Este aspecto fue identificado por el profesor como una carencia/defecto en la docencia propia, ya que era tarea suya el asegurarse que la carga lectiva del alumno no superase la asociada a dicha asignatura, por lo que se ha hecho en los últimos años un esfuerzo especial para intentar resolver dicho problema:

1. Definición más detalladas del RFP que se redacta cada año.
2. Delimitación de la carga de cada una de las áreas, mediante la definición más precisa de los hitos de cada uno de los entregables mediante la sesiones teóricas.
3. Uso de las sesiones de tutoría de grupos para definir en detalle el alcance de cada uno de los tres entregables, y del informe final.
4. Empleo extensivo de herramientas que mejoren la información disponible a los alumnos:
  - a) Creación de apuntes detallados y mejorados del material docente disponible para los alumnos tanto en medios físicos (copistería) como digitales (web).

En los últimos años se ha visto una notable mejoría en este sentido, y ya se está trabajando en la incorporación de nuevas metodologías para el curso que viene (después de los comentarios recibidos por los alumnos en el Foro de Debate de la Asignatura de el pasado Junio). Otro problema que se ha ido manifestando desde el primer año, es la problemática referente al número de alumnos por curso. En las universidades en que se promueven asignaturas en formato de proyectos, el número de alumnos por curso es bastante reducido, mientras que en la asignatura de Cálculo de Aviones de la ETSI de Sevilla el número de alumnos ha ido aumentando progresivamente y se prevee que el curso 2013-2014 se produzca un aumento exponencial del número de alumnos:

- Curso 2006-2007: 41 alumnos;
  - Curso 2007-2008: 34 alumnos;
  - Curso 2008-2009: 48 alumnos;
  - Curso 2009-2010: 41 alumnos;
  - Curso 2010-2011: 35 alumnos;
-

- Curso 2011-2012: 65 alumnos;
- Curso 2012-2013: 84 alumnos.

Se puede observar que en los 5 primeros años la media es de aproximadamente 40 alumnos, mientras que en los 2 últimos años de docencia se ha producido un aumento de 60% de en el año 2011-2012, y del 30% en el año 2012-2013, lo que ha complicado la docencia debido a la carga docente necesaria para mantener la misma metodología. Para el próximo año se prevé un aumento del 50% (120 alumnos), por lo que son necesarias nuevas metodologías educativas. Dada la metodología

de la asignatura en formato de proyectos, es necesaria una dedicación muy elevada por parte del profesor (el empleo de “tres gorros de trabajo” Figura 6), lo que va asociado a una necesidad de extender las horas de tutoría muy por encima de las previstas en el POD. Si a esto se le unen las sesiones de control, las cuales son proporcionales al número de alumnos, ya que más alumnos, implica necesariamente más grupos si se quiere mantener el número de 5-6 alumnos por grupo, y las sesiones de tutoría individualizadas con cada grupo previstas en la asignatura después de cada sesión de control (1h 30’), implica que la carga docente se ve incrementada ostensiblemente para el único profesor que imparte esta asignatura.

Este reto docente se ha abordado en el pasado curso 2011-2012 (65 alumnos) mediante la potenciación, si más cabe, de las herramientas digitales para la comunicación con los alumnos, la unificación de sesiones de tutoría en las que las pautas a los grupos sería las mismas, la reducción selectiva de material docente en clase que era menos significativo para el diseño del avión. Adicionalmente, se han empezado a considerar nuevas metodologías docente basadas en los consejos recibidos durante la realización del Curso en Auto-aprendizaje Autónomo en la ETSI de Sevilla impartido por Joan Rué profesor del departamento de Pedagogía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona, para el curso 2012-2013, donde se prevé que el número de alumnos en clase llegue a los 90-100. Esto hace que la evolución en los métodos docentes empleados sea una necesidad ya que es necesaria al no preverse una reducción del número de alumnos por clase, ni la posibilidad de aumentar el profesorado de la asignatura, y no se plantea de ninguna forma

## 6. Resultados

La metodología descrita ha sido implementada desde el primer año de docencia de la asignatura (curso 2006-2007), por lo que se no se tiene datos comparativos con otras metodologías. Después de 7 años la experiencia se puede considerar buena. La realimentación por parte de los alumnos es el mayor indicativo del éxito de dicha metodología. Los alumnos han expresado reiteradamente la satisfacción de poder cursar una asignatura tan importante en la carrera con esta metodología PBL, lo que les permite ser capaces de entender el contexto en el que se pueden



ubicar la gran mayoría de las asignaturas que han cursado durante la carrera, así como potencia el auto-aprendizaje, y les permite gestionar las responsabilidades inherentes de una asignatura basada en proyectos. De forma cualitativa se dispone de datos de evaluaciones de opinión del alumnado sobre la actuación docente del profesorado en los cursos 2009-2010, 2010-2011, y 2011-2012 (únicos años en los que se han realizado dichas evaluaciones a cargo del Centro Andaluz de Prospectiva), y las tres se aprecia que las evaluaciones de los alumnos (sobre un máximo de 5 puntos) son superiores a las medias del área de conocimiento al que pertenece la asignatura de Cálculo de Aviones, a la media de la titulación de Ingeniería Aeronáutica, y a la media de la propia Universidad de Sevilla:

- Evaluaciones del Curso 2009-2010: Asignatura: 4.32; Área de conocimiento: 3,90; Titulación: 3,50; Universidad: 3,71.
- Evaluaciones del Curso 2010-2011: Asignatura: 4.33; Área de conocimiento: 3,87; Titulación: 3,65; Universidad: 3,72.
- Evaluaciones del Curso 2011-2012: Asignatura: 4.38; Área de conocimiento: 4,14; Titulación: 3,55; Universidad: 3,73.

El grado de responsabilidad de los alumnos a lo largo de estos 7 años ha sido elevado. El formato de metodología colaborativa de la asignatura hace que los alumnos compartan la responsabilidad tanto de aprendizaje, como de la evaluación con compañeros de grupo. El hecho que la nota de cada alumno dependa en gran medida del nivel de compromiso de este tenga con el grupo al que pertenece, ha hecho que la respuesta global de los alumnos haya sido muy buena y responsable. Los alumnos han entendido, desde el primer año, que este compromiso es el que van a experimentar en la industria, y han enfocado esta la asignatura como una primera toma de contacto con la industria. El formato innovador de profesor que aglutina en una misma persona las figuras de **INSTRUCTOR**, **CONTRATISTA**, y **CONSULTOR**, ha tenido buena aceptación entre los alumnos, y creado una complicidad con lo grupos al ser la misma persona la que les instruye, exige, y a la vez corrige y les da las pautas necesarias para progresar en los diseños, lo que también se ha visto reflejado en el grado de compromiso de los alumnos con la asignatura.

A lo largo de estos años se ha podido apreciar la dificultad que los alumnos tienen cuando se enfrentan a la resolución de problemas de los que no tienen todos los datos. En el contexto de la metodología PBL en un entorno de ingeniería concurrente, esto significa que por ejemplo, para el el diseño de un avión, el área de aerodinámica necesita información del área de diseño para poder determinar los datos aerodinámicos, los cuales son a su vez empleados por el departamento de actuaciones, el permite determinar la envolvente de vuelo del avión empleando los datos del área de propulsión, y ambos áreas generan los pesos de combustible que necesita el departamento de estructuras para determinar los pesos, totales de avión y así poder transmitir

dicha información al área estabilidad y control para poder determinar las dimensiones de superficies aerodinámicas que a su vez definen la geometría del área de diseño (ver Figura 4 ). A los alumnos, en las fases iniciales de la asignatura, les cuesta tomar decisiones ejecutivas e ingenieriles que les permita seguir en el proceso de diseño, y profesor ha hecho especial hincapié en resolver esta deficiencia mediante la aportación de pautas que les permite no quedarse estancados en ninguna de las diferentes etapas del diseño, potencia de esa manera el concepto de ingeniero que se dedica a resolver problemas de forma constructiva.

Uno de los aspectos más valorados por los alumnos es la existencia de material de apoyo a la docencia. Los medios con los que un profesor de universidad cuenta en la actualidad permiten no sólo la creación de apuntes y notas de forma fácil y rápida, sino el desarrollo de otros medios audiovisuales de enseñanza. La incorporación de estas tecnologías a la enseñanza representa uno de los aspectos más enriquecedores para el alumno. En concreto, un aspecto fundamental de la docencia es la posibilidad de explicar los mismos conceptos desde distintas perspectivas, la diversidad de medios ayuda a fortalecer el aprendizaje de un concepto. Por ello, uno de los objetivos que persigue este proyecto docente es la incorporación de nuevos medios para la transmisión del conocimiento, tal como se ha visto en la sección 4.4.

Adicionalmente, en una reciente auditoría de la red de excelencia PEGASUS (Partnership of a European Group of Aeronautics and Space Universities), de la que el programa de Ingeniería Aeronáutica de la ETSI de Sevilla forma parte, los evaluadores externos remarcaron la importancia de la metodología PBL empleada en la asignatura de Cálculo de Aviones para calidad de la docencia, siendo esta asignatura, la única de la carrera impartida en formato de proyectos.

## 7. Conclusiones

Las conclusiones de esta metodología docente pueden considerarse muy buenas. El valor añadido adquirido por los alumnos de 5º curso una vez cursada la asignatura de Cálculo de Aviones con la metodología docente presentada, es de indudable valor, y permite que los alumnos aprendan a trabajar en un entorno de ingeniería concurrente, que les introduce a su primera experiencia con las bases de ingeniería colaborativa que se emplea en la industria aeroespacial. Este entorno de ingeniería concurrente se ve potenciado por el entorno de aprendizaje colaborativo, ya que el diseño de un sistema tan complejo necesita que todas las áreas interactúen de forma continua a lo largo del proceso de diseño.

La experiencia docente de los alumnos les ha ayudado a desmitificar el concepto del ingeniero que no sabe interactuar con otros ingenieros (“cubical engineer”). Ya no existe financiación ilimitada en la industria, por lo que desde hace ya unas décadas, la industria, en general, busca ingenieros que sean capaces de trabajar en entornos colaborativos que permitan reducir los costes de diseño. Los alumnos en general han cumplido los objetivos principales de la asignatura

---

de de compartir responsabilidades individuales en un grupo de trabajo tal como se hace en la industria. Los alumnos aprenden a tomar decisiones rápidas dentro de un contexto de proyecto, potenciando el concepto de ingeniero que se dedica a resolver problemas de forma constructiva. Adicionalmente, en el curso 2012-2013 se han empezado a implementar nuevas metodologías docentes basadas en los consejos recibidos durante la realización del Curso en Auto-aprendizaje Autónomo en la ETSI de Sevilla dado el aumento en el número de alumnos en dicho curso, que se prevee que sea aún mayor en el próximo curso 2013-2014. Esta variación de la metodología se explicará en más detalle en la sección 8

## **8. Futuras Experiencias**

Dentro de futuras experiencias se va a hacer una distinción entre las 2 asignaturas que se van a impartir en el curso académico 2013-2014, en el cual, debido al solape que se produce al coincidir el último curso de 5º de Ingeniero Aeronáutico, y el primer curso de 4º de Grado en Ingeniería Aeroespacial, va a darse una situación atípica al coincidir ambas asignaturas. Debido a las diferentes necesidades de metodologías PBL de ambas asignaturas, las siguientes secciones van a describir como se va a proceder a abordar ambas asignaturas.

### **8.1. Cálculo de Aviones en Ingeniería Aeronáutica para el Curso 2013-2014**

Durante el curso 2012-2013 ya ha habido un aumento considerable de los alumnos, pasando de 65 alumnos en el año 2011-2012, a 84 alumnos al año 2012-2013, por lo que, para poder seguir manteniendo la metodología docente PBL, ha sido necesario incorporar nuevas soluciones, dado que no existe la posibilidad de aumentar el número de profesores por asignatura. Es por ello que la estructura de metodología docente PBL de la asignatura ha tenido una ligera modificación con respecto del que se presentaba en la Figura 4, en la que cada alumno es responsable de una de las 6 áreas y encargado de mantener una línea de comunicación constante entre cada una de las áreas. En el curso 2012-2013 se ha implementado una nueva estructura ( Figura 13), en la que se puede apreciar que, dado el elevado aumento de alumnos, cada una de las áreas de cada grupo ha sido conformada por 2 alumnos por área.

Dentro de cada uno de los grupos, uno de los dos alumnos, adicionalmente a realizar sus tareas propias dentro de su área de investigación, ha sido asignado la función de responsable de comunicación, cuya tarea ha sido la de mantener una línea de comunicación constante entre cada una de las áreas de investigación para poder mantener el entorno de ingeniería concurrentemente cohesionado. La experiencia ha sido muy positiva, ya que al introducir dentro de cada

---

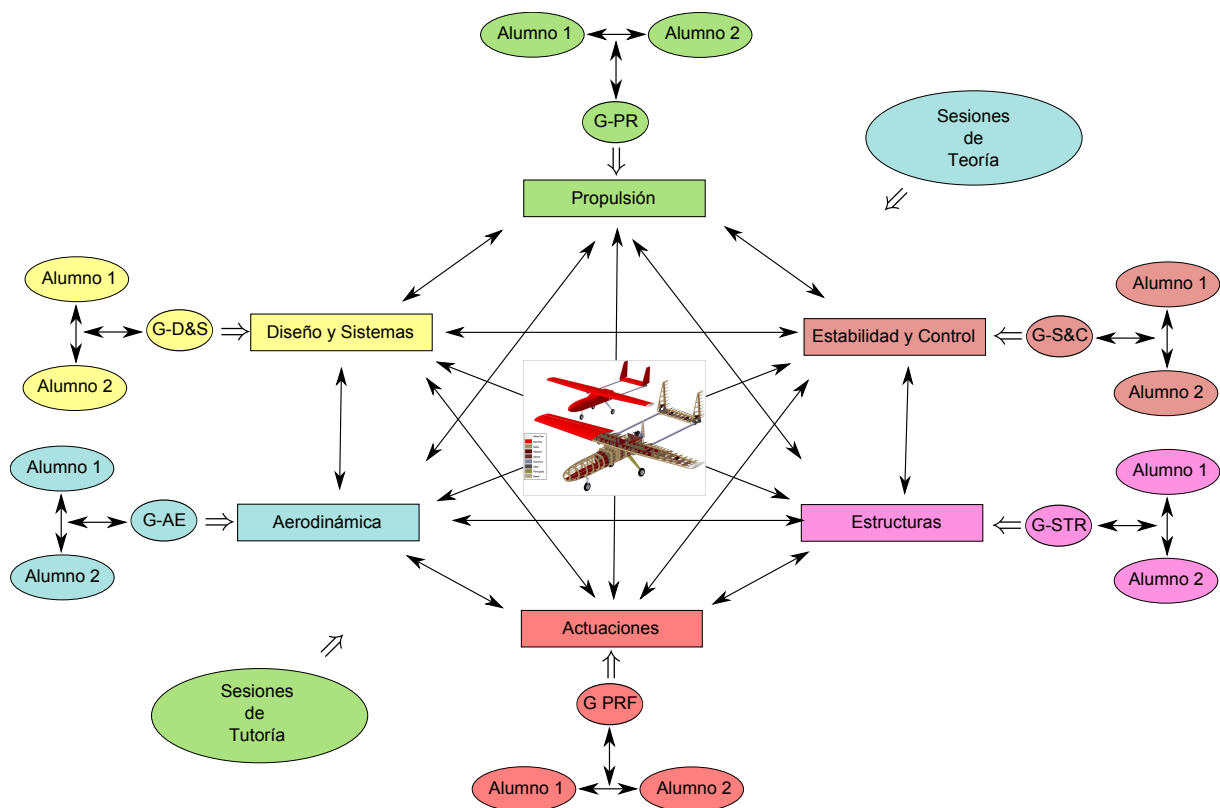


Figura 13: Interacción entre Áreas de Diseño para la Asignatura de Cálculo de Aviones (Curso 2012-2013).

área de investigación la figura de responsable de mantener la línea de comunicación entre cada una de las áreas, ha potenciado la coordinación entre las distintas áreas.

Para el último año de implementación de la asignatura Cálculo de Aviones, curso 2013-2014, se prevee que el número de alumnos vuelva a aumentar llegando a los 120 alumnos, por lo que va a ser necesario aumentar el número de componentes por área de diseño para poder seguir mantener la metodología docente PBL **INSTRUCTOR-CONSULTOR-CONTRATISTA**. La estructura que se va a implementar en el curso 2013-2014 se puede apreciar en la Figura 14, en la que se puede apreciar que cada una de las áreas de cada grupo se conformará por 3 alumnos por área. Desde el punto de vista de aprendizaje por parte de los alumnos, el aumentar a 3 personas por área es una solución que permite potenciar la diversidad en cada una de las áreas. Adicionalmente se va a implantar la figura de un coordinador general para cada uno de los grupos, el cual se va a encargar de gestionar las distintas líneas de comunicación entre cada una de las áreas sirviendo de nexo entre los 6 responsables de comunicación. Esta figura ya ha sido implementada de forma puntual en algunos de los grupos en el curso 2012-2013, teniendo un resultado muy positivo tanto desde el punto de vista de la organización, como del resultado final de diseño.

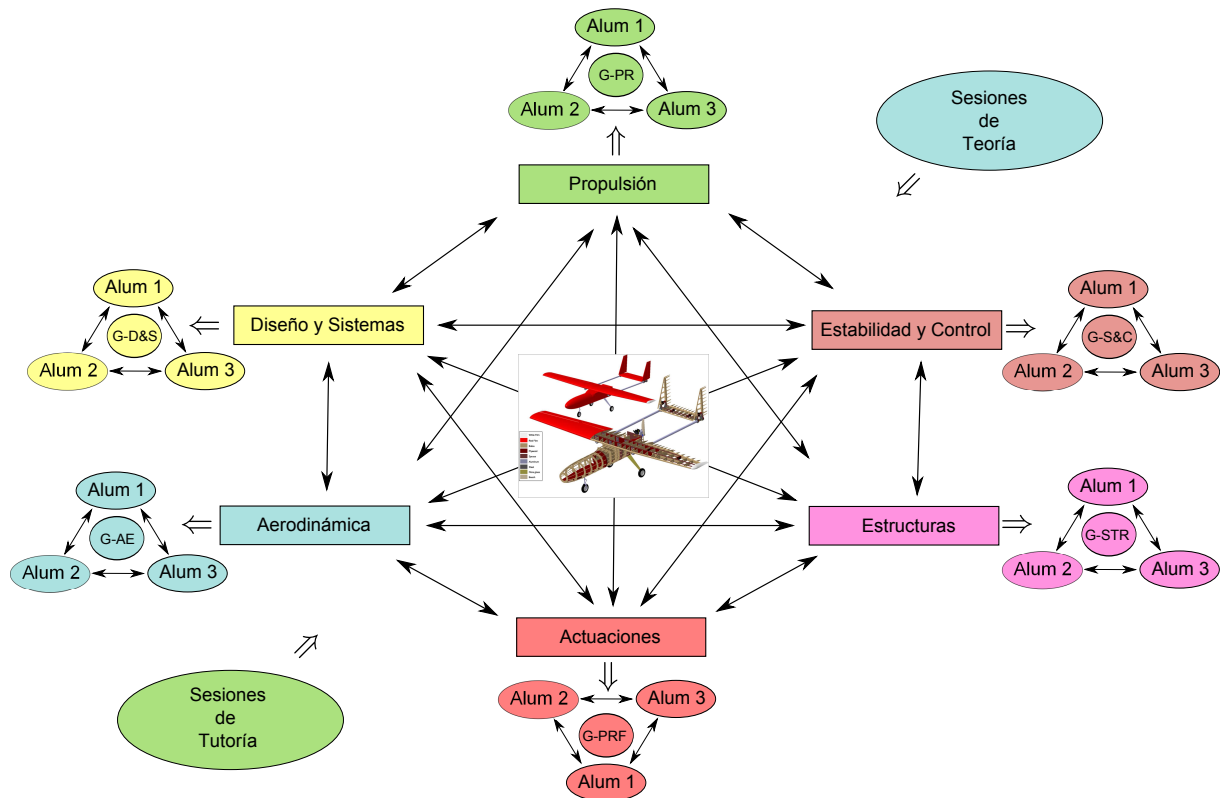


Figura 14: Interacción entre Áreas de Diseño para la Asignatura de Cálculo de Aviones (Curso 2012-2013).

## 8.2. Cálculo de Aeronaves en Grado en Ingeniería Aeroespacial para el Curso 2013-2014

El entendimiento de la metodología PBL para la nueva asignatura a implementar en el Grado de Ingeniería Aeroespacial pasa por entender el contexto en el que se encuadra la asignatura dentro del nuevo plan de estudios del Grado en Ingeniería Aeroespacial. En el Plan de Estudios de Grado en Ingeniería Aeroespacial de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros (ETSI) de la Universidad de Sevilla (US), está estructurado en asignaturas distribuidas a lo largo de cuatro cursos, con un total de 244 créditos ECTS (siendo 1 crédito ECTS equivalente a 25 horas de trabajo en clases teóricas prácticas, horas de estudio, exámenes, etc). Para obtener el título se exige la realización de un Proyecto de Fin de Grado. Los módulos de que consta el plan de estudios son: Módulo de Formación Básica (11 asignaturas, 64,5 ECTS); Módulo de asignaturas comunes a la rama aeronáutica (11 asignaturas, 63 ECTS); Módulo de Ampliación de Obligatorias (3 asignaturas, 13,5 ECTS); Tres módulos de Tecnología Específica, que definen los tres itinerarios (Vehículos Aeroespaciales, Navegación Aérea, Aeropuertos y Transporte aéreo) que puede cursar el alumno, consistentes cada uno de ellos en 14 asignaturas de las cuales 9 corresponden al módulo de tecnología específica y se refuerzan 5 asignaturas más como asignaturas obligatorias de cada módulo con un total de 77,5 ECTS; Tres módulos de Optatividad de Tecnología Específica (1 asignatura optativa, 4,5 ECTS); Un módulo de Optatividad Común al

grado (2 asignaturas, 9 ECTS); y un Trabajo Fin de Grado, de 12 ECTS. La figura 15 representa el Plan de Estudios de Grado en Ingeniería Aeroespacial (GIA) de la ETSI de la US. Tal como se ha descrito, dentro del Plan de Estudios GIA:

- Vehículos Aeroespaciales,
- Navegación Aérea,
- Aeropuertos y Transporte aéreo

Donde la asignatura de Cálculo de Aeronaves (nombre que toma en el Grado) se considera una asignatura de tecnología específica que sólo se impartirá en la intensificación de Vehículos Espaciales. El número de créditos de esta asignatura es de 4,5 y se imparte durante el segundo cuatrimestre del 4º curso (véase figura 15). Esta asignatura es responsabilidad del Departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos y se adscribe al Área de Ingeniería Aeroespacial. Es importante hacer notar que mientras que en el resto de universidades del ámbito de España en las que la asignatura de Cálculo de Aviones se ha incorporado en el programa de los nuevos Grados como:

- UPC Universitat Politècnica de Catalunya: Diseño de Aeronaves (6 ECTS),
- Universidad Carlos III – Madrid: Aerospace Designs (6 ECTS),
- Universidad de León: Cálculo de Aeronaves (6 ECTS),
- Universitat Politècnica de Valencia: Cálculo de Aviones (6 ECTS),
- Universidad Europea de Madrid: Diseño de Aeronaves/Aircraft Design (6 ECTS),

En todos ellos se apuesta por 6 créditos ECTS, mientras que la apuesta de la ETSI de la US sólo se apuesta por mantener los 4.5 créditos ECTS. Con estas pautas se prevee que el número de alumnos sea de unos 80 alumnos, por lo que se va a proceder a emplear la estructura planteada para el curso 2012-2013 (ver Figura 13,) .

## 9. Agradecimientos

En estas líneas quiero agradecer la oportunidad brindada por los organizadores de las II Jornadas estatales de Aprendizaje basado en Proyectos y Metodologías Activas celebradas en Sevilla del 29, 30 de noviembre y 1 Diciembre de 2012, gracias Juan José y Ainhoa, y al resto del comité organizador. Gracias por permitirme exponer una de las muchas experiencias PBL desarrolladas en el ámbito de la ETSI de la US, y por regalarme la sensación de que, por primera vez en 7 años, yo no era perro verde al que miran los compañeros por estar haciendo “algo raro”. Es una

---

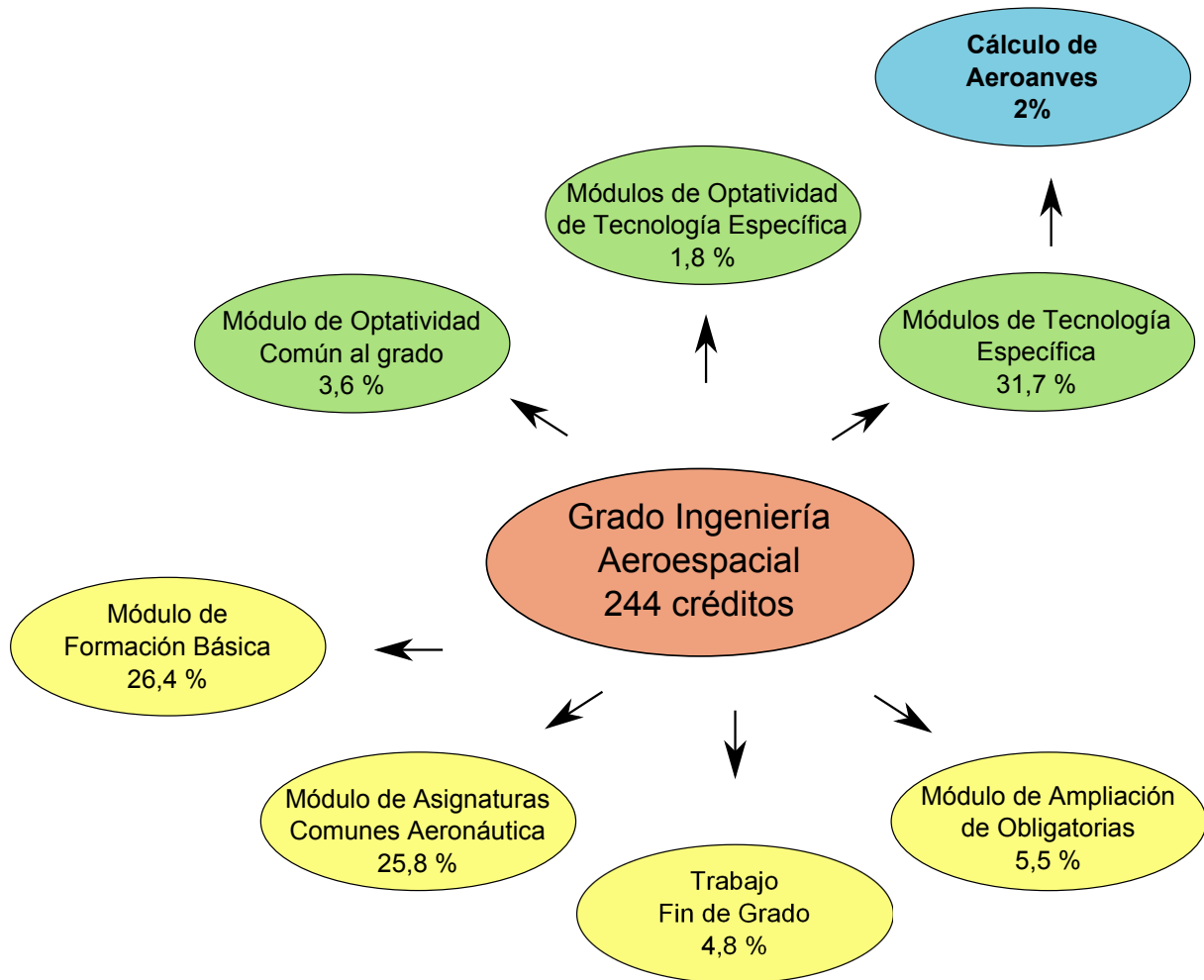


Figura 15: Plan de Estudios de Grado en Ingeniería Aeroespacial de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

sensación indescriptible el ver que tantos compañeros, y en ámbitos tan diversos están luchando por cambiar la manera en la que se promueven las metodologías basadas en proyectos PBL.

Quiero también agradecer la ayuda inconmensurable de los alumnos que han pasado por la asignatura en estos últimos 7 años, y que han ayudado a pulir muchos de los detalles de la asignatura, y que siguen haciéndolo año tras año. Después de las experiencias vividas con ellos en la asignatura, han sido los primeros en ofrecerse para dar seminarios, crear materiales de soporte para los compañeros del que han de venir, y de sugerir mejoras en la asignatura desde el punto de vista de los alumnos, que son los que mejor pueden identificar las carencias de la docencia que impartimos. Gracias.

## Referencias

[1] C. Miller, *Dream Airplanes*. 1984.

---