



## Una experiencia de unificación de asignaturas para desplegar PBL (y las quejas que originó)

Cristina Barrado, Raúl Cuadrado, Luis Delgado, Fernando Mellibovsky, Enric Pastor, Marc Pérez, Xavier Prats, Jose I. Rojas, Pablo Royo, Miguel Valero

Departament d'Arquitectura de Computadors  
Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC - Barcelona Tech)  
{cristina.barrado, luis.delgado, enric.pastor, fernando.mellibovsky,  
xavier.prats, josep.ignasi.rojas, pablo.royo, miguel.valero}@upc.edu,  
cuadrado@ac.upc.edu, mpbatlle@ac.upc.edu

### Resumen

En este artículo se describen los aspectos esenciales de una experiencia de unificación de parejas de asignaturas con el objetivo de crear un escenario más adecuado para el despliegue de Aprendizaje Basado en Proyectos. Como guía para el repaso de esos aspectos esenciales se utiliza una carta que elaboraron los estudiantes de la primera edición para protestar por el funcionamiento de las asignaturas. El análisis de las quejas de los estudiantes puede ser de mucha utilidad para otros que se planeen retos similares.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos, dificultades, organización de los planes de estudio.

## 1. Introducción

Si bien hace ya bastante tiempo que se usa en muchas universidades, el Aprendizaje Basado en Proyectos (conocido por PBL, sigla del inglés *Project Based Learning*) [4] ha merecido especial interés durante los últimos años en el marco del proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La razón es que PBL permite abordar de forma integral varios de los retos planteados en ese proceso. En particular, planificar la actividad de los estudiantes dentro y fuera de clase, introducir elementos adicionales de motivación e incidir en el desarrollo de habilidades transversales tales como trabajo en equipo, aprendizaje autónomo o comunicación eficaz.

Sin embargo, PBL no es una estrategia fácil de aplicar ya que incluso las implementaciones más modestas implican una transformación significativa de la organización de al menos 5 o 6 semanas del curso [5].

Además, la aplicación aislada de PBL en una asignatura de pocos créditos (6 ECTS por ejemplo) dentro de un plan de estudios de 30 o 40 asignaturas que usen metodologías más tradicionales, si bien puede ser positiva en el marco de la asignatura implicada, va a dejar probablemente escasa huella en la formación global del estudiante. Esa aplicación aislada puede generar incluso conflictos con las asignaturas del mismo nivel del plan de estudios, que compiten entre ellas por la dedica-

ción de los estudiantes. Por otra parte, el aprendizaje por parte de los estudiantes de esta nueva forma de trabajar requiere un esfuerzo que solo da sus mejores frutos si existe una continuidad en el uso de los métodos de trabajo. Una asignatura pequeña y aislada corre el peligro de recoger únicamente las inevitables frustraciones de las primeras experiencias de trabajo en grupo, planificación de las tareas, etc.

El máximo beneficio de PBL se obtiene cuando el plan de estudios ha sido diseñado para facilitar su despliegue. Básicamente se requieren dos cosas:

1. Que existan asignaturas con un elevado número de créditos (por ejemplo, 12 ECTS) de manera que en la asignatura haya tiempo suficiente para trabajar los diferentes elementos de la metodología.
2. Que esas asignaturas grandes estén bien distribuidas a lo largo del plan de estudios, de manera que exista la necesaria continuidad para que los estudiantes puedan consolidar sus habilidades de trabajo en equipo, aprendizaje autónomo, etc., y sea posible cosechar en asignaturas avanzadas los frutos de la inversión realizada en asignaturas iniciales.

Lamentablemente ya puede afirmarse que el proceso de diseño de planes de estudio de grado y master en España no ha producido muchos ejemplos de planes de estudios con es-

tas características (asignaturas grandes). Los planes que han resultado de ese proceso han vuelto a quedar excesivamente fragmentados, con asignaturas pequeñas y monotemáticas (Matemáticas I, Física II, Informática III) con fronteras cuidadosamente trazadas para evitar conflictos interdepartamentales.

No obstante, de acuerdo con nuestra experiencia, un grupo de profesores dispuestos a intentarlo pueden desplegar un modelo PBL relativamente ambicioso (más ambicioso que el caso de una asignatura aislada) incluso sobre un plan de estudios con una estructura tan hostil como la que tienen nuestros planes de grado. Existen al menos dos enfoques posibles para ello:

1. Unir dos o tres asignaturas de un mismo cuatrimestre a efectos de matrícula, para garantizar que todos los estudiantes matriculados en cualquiera de ellas lo están también en las otras, dando así lugar a una asignatura más grande (por ejemplo, de 12 ECTS).
2. Desplegar el modelo PBL en una cadena de asignaturas a lo largo del plan de estudios (idealmente una asignatura en cada cuatrimestre) de manera que las asignaturas implicadas compartan criterios y objetivos competenciales y las últimas de la cadena puedan recoger los frutos de la inversión hecha en las primeras.

Un grupo de profesores de las áreas de Ingeniería Aeronáutica y Arquitectura de Computadores de la Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels (EETAC) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-Barcelona Tech) hemos acumulado una cierta experiencia en ambas estrategias con resultados suficientemente satisfactorios. En este artículo trataremos el caso de la estrategia (1). En particular, en los planes de estudios de Grado en Ingeniería de Aeronavegación y Aeropuertos de la EETAC hemos experimentado con la unión de dos parejas de asignaturas (cada pareja formada por una asignatura de ingeniería aeronáutica y una asignatura de informática), para dar lugar a dos asignaturas consecutivas de 12 ECTS cada una de ellas, con el objetivo de facilitar el despliegue de PBL.

En este artículo analizaremos algunos aspectos preliminares de la experiencia, que aún está en vías de consolidación. Como guía para ese análisis usaremos una carta que los estudiantes de la primera edición de la primera de las asignaturas de 12 ECTS enviaron a la dirección de la escuela para protestar por la organización de esa asignatura. La carta describe perfectamente la mayoría de los problemas que pueden aparecer en una experiencia similar. Por lo tanto, el análisis de esa carta puede ser una información magnífica para ayudar a otros que intenten el mismo camino.

## 2. Contexto

En esta sección se describe brevemente la organización de las asignaturas implicadas en el experimento. Se darán única-

mente aquellos detalles que permiten contextualizar el contenido de la carta que se tomará como punto de partida para el análisis de la experiencia.

### 2.1. Las asignaturas

La experiencia que se describe implica a 4 asignaturas de los grados de Aeronavegación y Aeropuertos, impartidos en la EETAC. Las asignaturas Tecnología Aeroespacial (TAE) e Informática 1 (INF1) pertenecen al segundo cuatrimestre (cuatrimestre 1B) y las asignaturas Infraestructuras del Transporte Aéreo (ITA) e Informática 2 (INF2) al tercer cuatrimestre (cuatrimestre 2A).

En el plan de estudios oficial estas asignaturas aparecen como independientes, de manera que, sobre el papel, los estudiantes pueden cursar una de ellas sin necesidad de cursar simultáneamente la otra asignatura del mismo cuatrimestre. Para facilitar el despliegue de PBL, se pidió a la dirección de la escuela que las asignaturas quedasen emparejadas a efectos de matrícula. Es decir, los estudiantes deben matricularse simultáneamente de TAE e INF1 en el cuatrimestre 1B y deben matricularse simultáneamente de ITA e INF2 en el cuatrimestre 2A. De esta manera se garantiza que todos los estudiantes están matriculados de ambas asignaturas de la pareja. Esto ha dado lugar, de hecho, a dos asignaturas de 12 ECTS cada una que por claridad en la exposición denominaremos TAE+INF1 e ITA+INF2.

### 2.2. Planificación

Cada una de las asignaturas de 12 ECTS requiere una dedicación por parte del estudiante de 20 horas semanales (12 ECTS x 25 horas/ECTS = 300 horas distribuidas a lo largo de 15 semanas). De las 20 horas semanales, habitualmente 6 son de clase, organizadas en dos sesiones de 3 horas cada una. Algunas semanas se imparte una sesión extra de clase de dos horas. En resto de tiempo hasta las 20 horas semanales corresponde a actividades que los estudiantes realizan fuera de clase.

Para cada una de las 15 semanas del curso existe una planificación detallada de las actividades y entregas (*deliverables*) a realizar durante la semana. La Figura 1 muestra un ejemplo correspondiente a la semana 3 de ITA+INF2. La planificación especifica las actividades a realizar dentro y fuera de clase. Cada actividad tiene asociado un tiempo estimado de dedicación, de manera que los tiempos suman el total de 20 horas semanales. Los detalles de las tareas a realizar así como todos los materiales necesarios se encuentran en la guía detallada (*Student guide*). Habitualmente, las sesiones de los martes se dedican a temas de informática (sesiones Xa) y las sesiones de los jueves a temas de aeronáutica (sesiones Xb). En la asignatura ITA+INF2, algunos martes se trabajan temas de aeronáutica porque ITA tiene 7,5 ECTS mientras que INF2 tiene solo 4,5 ECTS.

En ITA+INF2 las entregas correspondientes al trabajo encargado el martes (*Homework Xa*) debe estar listo antes del

<p><b>Session 3a (Oct 9th)</b>  <b>1h</b> Air Traffic Simulator demo and doubts resolution (<b>teamwork control</b>)  <b>1h</b> Puzzle presentation  <b>1h</b> Individual exercise in C#  <b>TOTAL 3h</b></p>	<p><b>HomeWork 3a</b>  <b>5h</b> Puzzle: Individual preparation  <b>2h</b> More individual exercises in C#  <b>TOTAL 7h</b></p>
<p><b>Session 3b (Oct 11th)</b>  <b>1h</b> Homework review  <b>2h</b> IFR approaches lecture and exercises  <b>TOTAL 3h</b></p>	<p><b>HomeWork 3b</b>  <b>45m</b> Airspace classes self-assessment (II)  <b>3h</b> CNS and collision avoidance group presentations (T1.4)  <b>3h15m</b> IFR approach charts analysis exercise  <b>TOTAL 7h</b></p>

 **Week 3: Student guide**  
 **Deliverable #3.1: (Individual) Exercise**  
 **Deliverable #3.2: IFR charts**

Figura 1: Ejemplo de planificación de actividades y entregas de una semana.

martes siguiente mientras que las entregas correspondientes al trabajo encargado el jueves (*Homework Xb*) deben estar listas para el jueves siguiente. En la asignatura TAE+INF1 esto es así solo durante la primera mitad del curso. En la segunda mitad, cuando entra en juego el proyecto, las entregas siempre deben estar listas para la sesión siguiente, porque todas las sesiones son ya de seguimiento del proyecto, con independencia de si son sesiones de martes o de jueves.

### 2.3. Los proyectos

Uno de los retos más importantes de la experiencia es diseñar un proyecto interdisciplinar en cada una de las asignaturas, que sea percibido como ambicioso para los estudiantes y conectado con su posible realidad profesional futura, aunque los resultados no tengan calidad profesional (después de todo, son estudiantes de primer y segundo año). Además, el proyecto debe requerir el aprendizaje de los temas aeronáuticos e informáticos correspondientes a las asignaturas implicadas. Esta es una cuestión compleja porque no todos los temas van a estar implicados en el proyecto al mismo nivel. Mientras algunos se trabajarán en profundidad, otros se tratarán de forma más superficial, dados los requerimientos del proyecto. Es necesario, por tanto, tener cierta flexibilidad a la hora de valorar la importancia de cada uno de los temas de los temarios de las asignaturas.

La descripción detallada de los proyectos queda fuera del alcance de este artículo, porque no es necesaria para comprender la naturaleza de las quejas de los estudiantes. En todo caso, hacemos un breve resumen a continuación.

El proyecto de TAE+INF1 consiste en la investigación de un accidente aéreo, del que se van obteniendo datos de manera progresiva. Precisamente el análisis de los datos recibidos requiere su tratamiento informático previo, lo cual es la motivación para el aprendizaje de los aspectos básicos de la programación de ordenadores.

El proyecto de ITA+INF2 consiste en la realización de un

conjunto de tareas propias de los responsables de los servicios de aeronavegación de una zona determinada (estudios de impacto de la introducción de nuevas tecnologías, evaluación de capacidades de aeropuertos, diseño de procedimientos de navegación, servicios de control aéreo y simulaciones de tráfico como soporte a operaciones de regulación). En este caso la informática interviene a través del diseño de las herramientas de simulación de tráfico y la implementación de los algoritmos de regulación.

### 2.4. Formación de grupos

En ambas asignaturas los grupos son de 4 estudiantes. Este es un número adecuado (3 también lo hubiese sido). Grupos más pequeños no permitirían abordar proyectos mínimamente ambiciosos y en grupos mayores sería difícil conseguir interdependencia positiva (es decir, que todos los miembros del grupo sean necesarios para el éxito del proyecto) [2].

En la asignatura TAE+INF1 los grupos se forman de manera aleatoria. Aunque esta política no entusiasma a los estudiantes (que, en general, prefieren elegir a sus compañeros de grupo) no es difícil convencerles de que de esta manera se simula la situación real en la que deben formar equipo con personas que no necesariamente han elegido.

Por el contrario en ITA+INF2 son los estudiantes los que eligen a sus compañeros de grupo. De esta manera, si el grupo funcionó bien en TAE+INF1, normalmente continuarán juntos para consolidar sus habilidades como grupo. Y si funcionó mal los estudiantes tendrán la posibilidad de elegir a los compañeros con los que enfrentarse a la segunda experiencia de trabajo en grupo.

### 2.5. Temario a través de puzle

En ambas asignaturas una parte importante del temario nuevo que se necesita para el desarrollo del proyecto se trabaja a través de un puzle [1]. El material de estudio está divi-

dido en cuatro bloques razonablemente independientes. Cada miembro del grupo se especializa en uno de los cuatro temas, aprende ese tema con la ayuda del profesor y de miembros de otros grupos que han estudiado el mismo tema y finalmente enseña su tema a los compañeros de grupo.

## 2.6. Método de calificación

En ambas asignaturas el método de calificación combina los elementos siguientes:

- *Entregas*: los estudiantes pueden obtener uno o dos puntos (sobre 10) por el mero hecho de realizar todas las entregas del curso a tiempo (algunas son entregas individuales y otras en grupo). Pero si no se realiza al menos el 80 % de las entregas entonces el estudiante suspende la asignatura.
- *Proyecto*: un porcentaje de alrededor del 50 % de la calificación se asigna a la calidad del proyecto realizado (calidad del código, informes, presentaciones orales, etc.). Para obtener esa parte de la calificación normalmente se tiene en cuenta: la calidad de versiones preliminares de los productos del proyecto (10 %), la calidad de la versión final de esos productos (25 %) y la calidad de las respuestas individuales que dan los estudiantes en los controles de trabajo en grupo (*teamwork control* como el que se indica en la Figura 1) en relación al trabajo que están realizando (15 %). La calidad de estas respuestas no solo afecta a la nota individual del estudiante sino que también afecta a la nota de sus compañeros de grupo. De esta forma se contribuye a introducir interdependencia positiva.
- *Exámenes de conocimientos básicos* (un 30 % o 40 %): en cada asignatura se han identificado los conocimientos básicos que todos los estudiantes deben adquirir y sin los cuales no pueden superar la asignatura, por muy bien que esté el proyecto y aunque hayan entregado todo a tiempo. Estos conocimientos básicos toman la forma de unos 8 ejercicios que cada estudiante debe realizar correctamente de forma individual en alguna de las varias oportunidades que se les da durante el curso. El resultado de nuestros exámenes no es, por tanto, una calificación entre el 0 y el 10 sino la lista de ejercicios de conocimientos básicos no resueltos correctamente y que deben volver a repetirse en la siguiente oportunidad.
- *Evaluación subjetiva* (10 %): esta componente recoge valoraciones que realiza el profesorado en relación a la actitud, nivel de participación, etc. de cada estudiante. Se trata a menudo de información un tanto subjetiva pero valiosa y que sería injusto no usar al calificar al estudiante.

## 3. La carta

Reproducimos a continuación la carta que los estudiantes que participaron en la primera edición de TAE+INF1 enviaron a la dirección de la escuela para poner de manifiesto su disconformidad con la organización de la asignatura. La carta se reproduce prácticamente de forma literal.<sup>1</sup>

«Los y las estudiantes de primero del Grado en Ingeniería de Aeronavegación exponemos nuestro desacuerdo con la organización de las asignaturas INF1, TAE, INF2 e ITA.

Los motivos son los siguientes:

1. La relación que nos obliga a ser aptos de las asignaturas de informática y al mismo tiempo de las asignaturas del ámbito aeroespacial para poder aprobarlas ambas, lo cual obliga a repetir la matrícula de las dos en caso de haber suspendido una. Es una medida poco coherente ya que son asignaturas de ámbitos que no guardan ninguna relación entre sí, por más que sean igualmente importantes en la ingeniería.
  - El hecho de compartir clases y entrecruzar los horarios solo hace que aumentar la confusión de los estudiantes por lo que respecta a los contenidos y al cumplimiento de las entregas.
  - El hecho de tener ocho profesores que se combinan de manera muy diferente durante las sesiones de clase produce una descoordinación que aumenta también la confusión.
  - Pensamos que no tener la libertad de matricularnos por separado en cada materia o tener que repetir dos asignaturas en el caso de suspender una afecta gravemente a la organización personal de cada uno a la hora de decidir las asignaturas que va a cursar cada cuatrimestre.
2. El planteamiento de un proyecto de grandes proporciones (y de estructura poco clara, tal y como se explica más adelante) se ha hecho sin la sensibilidad suficiente ni el cálculo adecuado del esfuerzo que representa para los estudiantes.
  - Es incómodo en algunos casos no poder escoger el grupo base porque ha habido un gran número de abandonos.
  - El alto porcentaje de la nota final que depende del proyecto, junto con el hecho de bajar la nota del proyecto en el caso de que los compañeros de grupo no respondan correctamente a las preguntas sobre el proyecto hace que gran parte de la nota dependa del trabajo de otros.
  - La organización de grupos, temarios y tareas es caótica y ha dejado mucho que desear por parte del equipo de profesores.

<sup>1</sup>Los autores desean dejar constancia de su agradecimiento a los estudiantes autores de esta carta, que nos dieron su permiso para hacerla pública en este artículo.

- Es un despropósito que la mitad de los temas del programa sean tipo puzle, en los cuales cada grupo o estudiante ha de buscar información por internet y deba enfrentarse con el examen sin que el tema haya sido explicado nunca en clase. También es un despropósito el hecho de colgar aleatoriamente material didáctico en el campus digital confiando en que los estudiantes por sí solos puedan leerlo y entenderlo, obviando cualquier clase teórica sobre esos temas.
- La poca claridad de las entregas, especialmente las del proyecto (así como las funcionalidades añadidas a última hora), nos obliga a no poder organizarnos pensando en otras asignaturas y a organizar nuestros horarios dependiendo completamente de estas asignaturas.

Por todo ello, pedimos:

- Que la comisión académica busque una solución para separar estas asignaturas y que sean completamente independientes en su evaluación y en las tareas a realizar.
- Que no se dé una importancia superior al 20 % o 30 % al proyecto en grupo y que en ningún caso las notas individuales puedan depender del trabajo que realicen los otros compañeros de grupo.
- Que en ningún caso se dé un tema por estudiado por el mero hecho de ser un puzle. Los profesores deberían explicar todo el temario en la clase de teoría.
- Que en el caso de que se mantenga el método PBL exista un mayor compromiso por parte del profesorado en mantener la organización del trabajo y del proyecto semana a semana, poniendo el mismo esfuerzo que pone el estudiante en realizar las tareas»

## 4. Análisis

En opinión de los autores, la lectura de esta carta ofrece una panorámica muy completa de la variedad de dificultades que tiene la experiencia. Analizamos a continuación el contenido para desgranar cada una de esas dificultades y realizar las observaciones pertinentes, con el objetivo de que otros que deseen emprender iniciativas similares conozcan de antemano las dificultades que pueden encontrar por el camino.

### 4.1. Unificar las materias

La queja pone de manifiesto, en primer lugar, que en la primera versión de la asignatura no se consiguió proyectar la idea de que ambas materias se unen en un todo en el que resulte imposible discernir dónde acaba la aeronáutica y dónde empieza la informática. De alguna manera, estaba claro que se estaba produciendo una unión de dos asignaturas que perfectamente podrían impartirse por separado.

La propia organización de la asignatura alimenta esa visión. Como se ha dicho antes, la sesión de los martes se dedica a informática (con los profesores de informática) y la de los jueves a aeronáutica (con los profesores de aeronáutica). Y además, están muy claramente identificadas cuáles son las entregas del proyecto que corresponden a la parte aeronáutica y cuáles a la informática.

Sin duda, el proyecto tiene elementos que relacionan ambos mundos, pero en una primera versión esos puntos son escasos y no permiten ofrecer una visión tan integrada como sería deseable. Por tanto, este es uno de los primeros retos, y muy importante: conseguir una integración real de las materias implicadas. El reto no es nada fácil porque hay varios factores que lo dificultan. Entre ellos podemos mencionar los siguientes:

- No es fácil fusionar materias después de habernos esforzado durante años en trazar fronteras entre áreas de conocimiento, asignaturas y departamentos.
- Los profesores implicados en la experiencia dominamos (al menos inicialmente) unas materias pero otras no.
- La organización horaria actual (los martes clases de informática y los jueves de aeronáutica), que dificulta la integración, es por otra parte conveniente a efectos de reparto equilibrado y claro del trabajo entre el profesorado implicado.

### 4.2. Aprobar por separado

Los estudiantes se ven intimidados por la idea de que fallar en una de las partes implica repetir las dos, cosa que no sería así si las materias estuviesen en asignaturas separadas.

En su esencia, la queja está poco fundamentada, porque exactamente lo mismo pasa en una asignatura cualquiera que tenga varios temas. El estudiante puede suspender la asignatura porque no domina algunos de los temas, aunque domine el resto. Y nadie admitiría la queja de tener que repetir toda la asignatura habiendo realizado bien los ejercicios de una parte. En todo caso, la queja se sostiene por el hecho de que la asignatura es grande (12 ECTS) y todo el mundo sabe que es el resultado de la fusión de dos asignaturas que se habían previsto como independientes.

Este tipo de queja ha venido matizándose (hasta prácticamente desaparecer) en cursos siguientes por dos motivos. En primer lugar, haciendo de la necesidad virtud, la organización actual en la que aún no existe una fusión clara de las materias hace que no resulte difícil establecer criterios para determinar, en casos excepcionales, si un estudiante puede aprobar una de las dos partes y la otra no. En particular, si un estudiante supera todos los conocimientos básicos de una de las dos asignaturas del bloque y la calificación del proyecto es superior a 5 entonces aprueba esa asignatura y el curso siguiente solo tiene que repetir la asignatura suspendida. Si bien esta medida es un tanto incoherente con el concepto que se pretende desarrollar,

lo cierto es que hoy por hoy no resulta complicado hacer un plan específico para los estudiantes que solo tienen que hacer una de las partes (por ejemplo, venir a las clases de informática y hacer las tareas y entregas correspondientes a esa parte), cosa que además resuelve la problemática de los estudiantes que tienen reconocidos los créditos de solo una de las dos asignaturas. Lógicamente, a medida que vayamos avanzando en la fusión de las materias (tal y como es nuestro deseo) será más difícil establecer este plan específico para los estudiantes que cursan solo una de las dos partes.

El segundo motivo por el que la queja ha ido matizándose es que ha empezado a ponerse de manifiesto el fenómeno de la compensación. Es decir, algunos estudiantes superan el bloque (las dos asignaturas) por compensación, porque han trabajado muy bien una de las partes. Esos estudiantes hubiesen suspendido una de las dos asignaturas si las hubiesen tomado por separado, pero ahora han aprobado el bloque completo.

La Figura 2 muestra algunos datos correspondientes a uno de los últimos cursos. Estos datos no pueden considerarse aún muy representativos porque las asignaturas están en proceso de estabilización. En todo caso, permiten hacerse una idea del impacto de las medidas descritas. La tabla muestra que:

- El rendimiento en ambas asignaturas fue elevado (más del 80 % de aprobados respecto a matriculados).
- El abandono fue bajo, especialmente si tenemos en cuenta que se trata de asignaturas de primeros cursos de una ingeniería, en los que normalmente el abandono suele ser elevado.
- El porcentaje de estudiantes que se benefician de la compensación es elevado (llegando al 42,4 % en ITA+INF2)
- En esta ocasión, un porcentaje elevado de estudiantes de TAE+INF1 aprobaron solo una de las dos partes. Este es el grupo de estudiantes que pudieran haberse sentido agravados en el caso de que hubiesen suspendido todo el bloque por culpa de una de las dos asignaturas.

### 4.3. Confusión en los horarios

Los estudiantes manifestaron confusión en los horarios y entregas. La confusión procede esencialmente de dos hechos. Por un lado, el proceso fue confuso para los estudiantes que solo tenían que hacer una de las partes (por haberles sido reconocidos los créditos de la otra) y por tanto asistir a una parte de las sesiones y realizar solo una parte de las entregas. En la primera edición la información e instrucciones al respecto no fueron demasiado precisas.

Por otro lado, tal y como se mencionó en la Sección 2.2, en la primera edición de TAE+INF1, a mitad de curso se produjo un cambio en el régimen de entregas. Durante la primera mitad del curso las entregas eran para la semana siguiente y a partir de ese momento pasaron a ser para la sesión siguiente.

Este cambio contribuyó a generar dosis adicionales de confusión.

En general, con una organización docente como la de nuestras asignaturas, que pretende conseguir un trabajo continuado de los estudiantes a lo largo del curso, con entregas frecuentes que permitan realizar un seguimiento de ese trabajo y un proceso de retroalimentación eficaz, es crucial disponer de un buen sistema para comunicar el plan de actividades, fechas y mecanismos de entrega, formas de canalizar la realimentación, etc., para lo cual un campus digital adecuado es imprescindible. No es una cuestión fácil de resolver y nos ha costado un cierto tiempo dar con formas adecuadas y sostenibles.

### 4.4. Muchos profesores

La confusión se intensificó por el hecho de que el número de profesores implicados era grande. En cierta forma, esto es inevitable porque la asignatura tiene un elevado número de créditos y requiere el esfuerzo de varios profesores. Pero la cuestión se vio agravada por el hecho de que el reparto en la impartición de las clases se hizo en parte en función de los temas. Es decir, el tema X lo imparte el profesor experto en ese tema.

Este planteamiento que puede ser muy eficiente en el caso de una organización docente basada en la impartición del temario, es inadecuada cuando se trabaja por proyectos, porque aunque pueda identificarse el periodo del curso en el que se va a trabajar más intensamente alguno de los temas, es imprescindible que el profesorado tenga una visión global y continuada del trabajo de los estudiantes y estos tengan claro cuál es el profesor que va a realizar el seguimiento de su trabajo.

Esta es una cuestión que ha tendido a mejorar porque a base de repetir el curso cada uno de los profesores implicados ha ido adquiriendo mayor conocimiento de todos los temas tratados en el proyecto y ha sido más fácil organizar el trabajo de forma que los estudiantes vean a menos profesores. En todo caso, puede ser interesante mantener la figura de profesor experto, que imparte alguna lección magistral sobre un tema determinado, pero que no tiene responsabilidad (o tiene una responsabilidad limitada) en el seguimiento de los proyectos.

### 4.5. Organizar los horarios

La última queja en este primer bloque hace referencia al hecho de que asignaturas grandes hacen más difícil al estudiante organizar sus horarios. Esto es así y no tiene remedio. Cuanto más pequeñas son las asignaturas más fácil es acomodar los horarios a una agenda que puede tener severas restricciones (por ejemplo, si el estudiante trabaja). Y al contrario, asignaturas grandes son más difíciles de ubicar en los horarios.

	TAE + INF1	ITA + INF2
Matriculados	108	43
Matriculado solo en una de las partes	3	7
Aprobados	68	33
De entre los aprobados, los que aprobaron una de las partes por compensación	11	14
Aprobaron solo una parte	20	2
Suspendieron	20	8
De entre los suspendidos, los que lo hicieron por abandono	12	1

Figura 2: Algunos datos correspondientes al curso 2011–12 (segundo cuatrimestre).

#### 4.6. Cálculo del esfuerzo

En el segundo apartado de la carta, los estudiantes se quejan de que no se ha hecho un cálculo adecuado de la carga de trabajo. En cierta manera, la queja de tiempo de dedicación excesivo es inevitable, especialmente si la asignatura coexiste en el plan de estudios con otras cuyo nivel de exigencia en términos de dedicación sea menor. Este factor se ve acentuado por el hecho de que la asignatura tiene un volumen doble que el resto, cosa que con frecuencia olvidan los estudiantes al hacer su valoración.

Pero al margen de estas consideraciones, es cierto que en la primera edición de una asignatura no siempre se acierta en la estimación del tiempo requerido para realizar las tareas. Y la cosa es peor cuando hablamos no solo de tareas en clase sino especialmente fuera de clase.

Hay que decir que con el paso del tiempo no resulta difícil conseguir un ajuste adecuado en el tiempo de dedicación. Las reglas básicas para conseguirlo son:

- Asignar una estimación de tiempo a cada tarea (tal y como muestra la Figura 1).
- Establecer como regla del curso que no debe dedicarse a cada tarea más tiempo del establecido en la guía. Si en ese tiempo no se acaba la tarea, se toma nota de las dificultades, se pasa a la tarea siguiente y se discuten las dificultades en la clase siguiente con los compañeros o con el profesor.
- Tomar datos de tiempo de dedicación real cada semana mediante, por ejemplo, una plantilla en la que cada estudiante/grupo anota el tiempo dedicado. El seguimiento de esta información nos permite identificar tareas con estimación equivocada o estudiantes que sistemáticamente necesitan más tiempo que el resto. En cualquier

caso, es una información vital que bien usada permite conseguir el ajuste adecuado del tiempo de dedicación.

La aplicación de estas reglas debe combinarse con buenas dosis de flexibilidad para, en caso de estimaciones incorrectas, cambiar la planificación sobre la marcha. Para facilitar estas replanificaciones ha sido útil prever semanas con menor carga de trabajo que puedan jugar el papel de “juntas de dilatación”.

En la actualidad, la queja sobre mucho tiempo de dedicación se sigue manteniendo. Pero ahora ya tenemos evidencias de que siendo mucho tiempo, es el que corresponde a la asignatura en función de sus créditos ECTS.

#### 4.7. La nota que depende de los otros

Los estudiantes manifiestan su disconformidad con el hecho de que la nota individual de cada uno de ellos dependa en parte del rendimiento de sus compañeros de grupo. Efectivamente, esto es así por al menos dos razones. Si los compañeros de grupo no hacen su parte del trabajo en el proyecto, el resultado será de peor calidad, lo cual repercutirá en una menor calificación de cada uno de ellos. Pero además, el resultado de las respuestas de cada estudiante a las preguntas sobre el proyecto afecta en cierta medida a la nota que obtiene cada uno de sus compañeros de grupo. Tal y como se explicó en la Sección 2.6, se pretende de esta manera introducir interdependencia positiva, lo cual es un elemento de motivación extrínseca que facilita la cohesión del grupo, de manera que unos ayuden a otros cuando sea necesario (cosa que la mayoría hace por iniciativa propia, con independencia de la existencia de esos mecanismos).

En cualquier caso, conviene ser consciente de que tales mecanismos pueden no ser bien vistos por parte de los estudiantes. Es necesario preparar una buena argumentación en el sentido de que el trabajo en equipo representa eso: que el éxito individual de cada uno de los miembros está vinculado al

buen hacer del resto (los símiles con equipos deportivos son útiles para ejemplificar esta idea). La falta de interdependencia positiva hace más probable que cada uno de los estudiantes se preocupe de su parte del trabajo sin interesarse demasiado por el trabajo que deben realizar sus compañeros.

#### 4.8. Resistencia al autoaprendizaje

En el tercer bloque de quejas se pone de manifiesto la resistencia del alumnado al autoaprendizaje. Como se indicó en la Sección 2.5, una parte importante del temario se cubre mediante la estrategia del puzle. Los estudiantes perciben de forma negativa el hecho de que deban aprender los temas sin que el profesor los explique en clase, estudiando documentación que se pone a su disposición y con ayuda de sus compañeros de grupo.

En parte la queja procede del contraste grande con la enseñanza tradicional en la que uno de los roles esenciales del profesor es explicar el temario. La costumbre hace que cuando no es así y se requiere un esfuerzo superior por parte del estudiante se produzca la queja, que incluso puede derivar en acusación de que el profesorado no está haciendo el trabajo para el que se le paga.

De nuevo, se trata de tener bien frescos los argumentos que justifiquen el por qué se organizan las cosas de esta manera. Por una parte, es importante estar en condiciones de justificar con solvencia que el trabajo del profesor es conseguir que sus estudiantes aprendan y desarrollen habilidades, entre las cuales está la habilidad de aprender de forma autónoma. Poco favor habremos hecho a nuestros estudiantes si al acabar nuestra asignatura siguen necesitando que un profesor les explique el temario antes de que puedan hacer nada con él.

Por otro lado, se sabe bien que una de las mejores cosas que puede hacer uno para aprender bien un tema es explicarlo a otro, cosa que está en la esencia del mecanismo del puzle.

Finalmente, la mecánica del puzle ayuda al estudiante a ejercitarse de cara a situaciones reales en las que con frecuencia se verá abrumado por la cantidad de información relativa al proyecto al que se incorpora, que tendrá que asimilar de forma autónoma.

#### 4.9. Poca claridad en las entregas

La queja sobre la poca claridad en las entregas está muy relacionada con la queja de la organización en general y tiene que ver con los problemas habituales que ocurren la primera vez que se hacen estas cosas.

Pero conviene subrayar un aspecto de especial interés. Siempre que se pide una entrega, especialmente las que son más relevantes (por ejemplo, entregas importantes del proyecto con un peso significativo en la calificación de la asignatura) es esencial establecer con claridad los criterios de calidad, es decir, la descripción de las características que debe tener el producto que se entregue para que pueda considerarse que está bien hecho. Una buena forma de establecer con claridad los criterios de calidad es una rúbrica [3].

En algún caso pasó que los estudiantes debían hacer una entrega de un informe. La primera versión del informe decepcionó a los profesores porque estaba muy mal organizado, páginas sin numerar, sin conclusiones, etc. Muchos de los informes entregados fueron rechazados de manera que los estudiantes tuvieron que repetirlos. Esto produjo frustración y más trabajo tanto para profesores como para estudiantes.

La cosa cambió en la segunda iteración, cuando se hicieron públicos los criterios de calidad del informe antes de que tuvieran que entregarlo. Esos criterios establecían con claridad todos los aspectos, algunos de ellos tan obvios que quizá no debería ser necesario explicitarlos a estudiantes universitarios. Sin embargo, en esa ocasión fueron muchos más los informes aceptables a la primera y mayor la satisfacción general con el resultado.

## 5. Conclusiones

La queja que se presenta en este artículo ofrece una panorámica muy completa de la variedad de dificultades que pueden aparecer en una experiencia como la descrita: la unión de parejas de asignaturas para generar un escenario que facilite el despliegue de aprendizaje basado en proyectos. Algunas de las dificultades descritas, por ejemplo, confusiones en horarios y planes de trabajo, se han ido solventando en ediciones posteriores de las asignaturas. Otras aún persisten porque no son fáciles de resolver: Un ejemplo claro es conseguir una fusión real de las materias, a través de proyectos en los que se diluya la frontera entre la informática y la ingeniería aeronáutica. Finalmente, otras dificultades nunca se resolverán, porque son en realidad características de la metodología, por ejemplo, el hecho de que el mal rendimiento de un estudiante perjudique a sus compañeros de grupo. En cualquier caso, el análisis de dificultades que se presenta aquí puede ser una buena hoja de ruta para quienes deseen emprender aventuras similares.

## Referencias

- [1] E. Aronson, N. Blaney, C. Stephin, J. Sikes y M. Snapp: *The jigsaw classroom*. Sage Publishing Company, Beverly Hills, CA, 1978.
- [2] R.M. Felder y R. Brent: *Effective Strategies for Cooperative Learning*. Journal of Cooperation & Collaboration in College Teaching, vol. 10, núm. 2, pp. 69–75, 2001.
- [3] H. Goodrich: *Understanding Rubrics*. Educational Leadership, vol. 54, núm. 4, pp. 14–18, 1996
- [4] T. Markham: *Project Based Learning, a guide to Standard-focused project based learning for middle and high school teachers*. Buck Institute for Education, 2003.
- [5] M. Valero-García y J. García Zubía: *Cómo empezar fácil con PBL*. En Actas de las XVIII Jornadas de Enseñanza

Universitaria de la Informática (JENUI 2011), Sevilla, julio de 2011.



*Cristina Barrado* es doctora en Informática por la Universidad Politècnica de Catalunya, y profesora titular del Departamento de Arquitectura de Computadores. Imparte docencia en sistemas operativos desde 1990. En la actualidad imparte también un curso sobre Aviónica. Su tesis doctoral se centró en la extracción de paralelismo de bajo nivel

en bucles, en tiempo de compilación. Actualmente pertenece al grupo de investigación ICARUS (Intelligent Communications and Avionics for Robust Unmanned aerial Systems), centrado en el desarrollo de sistemas que den soporte al desarrollo de aplicaciones prácticas para los sistemas aéreos no tripulados.



*Raúl Cuadrado* es profesor de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones y Aeroespacial de Castelldefels, perteneciente a la Universidad Politècnica de Catalunya. Es ingeniero Superior de Telecomunicaciones. Ha participado en diferentes asignaturas organizadas de acuerdo al modelo PBL, tanto como profesor y también como alumno.



*Luis Delgado* es ingeniero aeronáutico de la Escuela Nacional de Aviación Civil (École Nationale de l'Aviation Civile, ENAC) de Toulouse (Francia). También es ingeniero en informática por la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC). Recibió su doctorado en ciencia y tecnología aeroespacial por la UPC en 2013. Actualmente es profesor

en la Escuela de Telecomunicaciones y Aeroespacial de Castelldefels (EETAC) perteneciente a la UPC. Más información sobre su trabajo puede encontrarse en su página web: <https://www.icarus.upc.edu/staff-and-collaborators/personal-pages/luis-delgado>.



*Fernando Mellibovsky* Graduado en 2001 con una doble titulación como ingeniero industrial (ETSEIB, UPC, Barcelona), especialidad en fluidotecnica, y como ingeniero aeronáutico (ENSAE, Toulouse, Francia), especialidad aerodinámica y propulsión. Trabajó como performance engineer en Rolls-Royce plc, Civil Aerospace (Derby, Reino Unido) antes de realizar un doctorado en ciencia y tecnología aeroespacial en el departamento de Física Aplicada de la

UPC. Doctor desde 2008, es profesor en la UPC desde el año 2006.



*Enric Pastor* es ingeniero informático por la Facultad de Informática de Barcelona, perteneciente a la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC). Es doctor en informática también por la UPC. Actualmente es profesor titular del departamento de Arquitectura de Computadores e imparte docencia en la Escola

d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels. Es co-fundador del grupo de investigación ICARUS, que actualmente lidera. Con anterioridad, centro su investigación en el desarrollo de herramientas CAD para el diseño automático de circuitos síncronos y asíncronos y herramientas CAV para la verificación formal de sistemas concurrentes. Ha publicado más de 30 artículos sobre estos temas en revistas y congresos.



*Marc Pérez* es profesor de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones y Aeroespacial de Castelldefels, perteneciente a la Universidad Politècnica de Catalunya. Es ingeniero Superior de Telecomunicaciones e Ingeniero Técnico Aeronáutico. Ha participado en diferentes asignaturas organizadas con el modelo PBL tanto como profesor y también como

alumno.



*Xavier Prats* Es ingeniero aeronáutico por la École Nationale de l'Aviation Civile (ENAC), situada en Toulouse (Francia), ingeniero en telecomunicaciones por Telecom Barcelona de la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC) y doctor en ciencia y tecnología aeroespacial por la misma UPC. Ha estado trabajando en la UPC desde el 2001 y

actualmente es profesor titular de escuela universitaria en la Escuela de Ingeniería en Telecomunicación y Aeroespacial de Castelldefels. Fue uno de los fundadores del grupo de investigación ICARUS, juntamente con otros compañeros de la misma escuela, y actualmente dirige las actividades rela-

cionadas con el transporte aéreo del grupo. Sus intereses de investigación se centran en la mejora de la eficiencia de la gestión del tránsito aéreo y en las aplicaciones civiles de drones en espacio aéreo no segregado.



*José I. Rojas* es ingeniero aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Desde 2005 el Personal Docente e Investigador (PDI) en la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC - BarcelonaTech). Ha participado en varios proyectos de investigación y transferencia de tecnología financiados por el MICINN y la Generalidad de Cataluña, y ha realizado también varios informes técnicos y estudios de consultoría para empresas privadas en el sector aeroportuario.

Su investigación se centra en las propiedades mecánicas de aleaciones de aluminio aeronáuticas y en el estudio de la aerodinámica de túneles de viento, vehículos y aerogeneradores.



*Pablo Royo* es profesor del Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña. Es Ingeniero de Telecomunicación por la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Aeroespacial de Castelldefels (EETAC), que pertenece a la Universidad Politécnica de Cataluña. También tiene un doctorado en Arquitectura de

Computadores por la misma universidad. Actualmente imparte clases de Informática I, Proyecto de Ingeniería del Software

y Sistemas Aéreos no Tripulados en la EETAC. Sus intereses de investigación incluyen la integración de los aviones no tripulados en el espacio aéreo no segregado y nuevas arquitecturas hardware/software para aviones no tripulados. Es autor de más de 40 artículos dentro del campo de los aviones no tripulados. Más información sobre su trabajo puede encontrarse en la página web: <http://www.icarus.upc.edu>.



*Miguel Valero García* es profesor del Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha sido Jefe de Estudios de la Facultad de Informática de Barcelona, Subdirector del Instituto de Ciencias de la Educación y Director de la Escuela Politécnica

Superior de Castelldefels. Es autor de numerosos artículos sobre innovación docente e imparte con frecuencia talleres de formación del profesorado sobre diferentes aspectos relacionados con la innovación docente en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. Recibió el Premio AENUI a la Calidad e Innovación docente en 2012. Más información sobre su trabajo puede encontrarse en su página web: <http://epsc.upc.edu/~miguel%20valero/>

---

©2013 C. Barrado, R. Cuadrado, L. Delgado, F. Mellibovsky, E. Pastor, M. Pérez, X. Prats, J.I. Rojas, P. Royo, M. Valero. Este artículo es de acceso libre, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons de Atribución, que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra en cualquier medio, sólido o electrónico, siempre que se acrediten a los autores y fuentes originales