

# APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS INTERDISCIPLINARES INGENIERÍA ELECTRÓNICA / DISEÑO INDUSTRIAL

J. M. LÓPEZ PÉREZ<sup>1</sup>, I. LÓPEZ FORNIÉS<sup>2</sup>, C. BERNAL RUIZ<sup>1</sup>, E. MANCHADO PÉREZ<sup>2</sup>, A. OTÍN ACÍN<sup>1</sup>, A. CIRIANO SEBASTIÁN<sup>3</sup>, P. FERRER LÓPEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación*

<sup>3</sup>*Departamento de Ingeniería Informática e Ingeniería de Sistemas  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.*

*Universidad de Zaragoza. España.*

[chlopez@unizar.es](mailto:chlopez@unizar.es), [ignlopez@unizar.es](mailto:ignlopez@unizar.es), [cbernal@unizar.es](mailto:cbernal@unizar.es), [manchado@unizar.es](mailto:manchado@unizar.es),  
[aranotin@unizar.es](mailto:aranotin@unizar.es), [aciriano@unizar.es](mailto:aciriano@unizar.es), [pferrer@unizar.es](mailto:pferrer@unizar.es)

*Se trata de una experiencia de aprendizaje basado en proyectos en los que intervienen estudiantes de distintas titulaciones que tienen que desarrollar un producto común, abordando cada parte aquello a lo que su especialidad concierne. De esta manera, al agrupar estudiantes de diferente corte formativo, que tienen distintos lenguajes y procedimientos, se pretende simular un entorno cercano a la realidad empresarial, y así conseguir desarrollar habilidades y actitudes de gran relevancia para la vida profesional que difícilmente tienen cabida en los currícula universitarios.*

*Palabras clave: PBL, interdisciplinar, metodología, innovación, colaboración.*

## 1. Introducción

Es bien sabido que gracias a los métodos de aprendizaje basados en proyectos [1,2] (en adelante PBL) se consigue, además de la adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades y aptitudes de alto nivel en la taxonomía de Bloom como análisis, síntesis, creación, trabajo en equipo o desarrollo de actitudes profesionales [3].

Esta experiencia va más allá del PBL aplicado a una asignatura, ya que involucra disciplinas diferentes y asignaturas de distintas titulaciones. Gracias a ello se consigue que los estudiantes aprendan a tratar no sólo con sus pares, si no con personas de distinto corte profesional, que tienen otros lenguajes, otros procedimientos, pero con los que es preciso trabajar para sacar adelante un proyecto. Exactamente como ocurre en un entorno empresarial. En suma se pretenden desarrollar un tipo de aptitudes muy necesarias para la profesión pero con muy escasa cabida en la formación universitaria.

En esta comunicación se presentan los planteamientos iniciales y el diseño de la experiencia de innovación tal como se ha perfeccionado en los tres últimos cursos, la opinión que de la experiencia tienen los estudiantes y la evaluación y conclusiones por parte de los profesores implicados.

## **2. Definición**

Esta experiencia de PBL consiste en unir trabajos de distintas asignaturas en un proyecto común. Se trata de formar, con alumnos de diferentes materias y titulaciones, grupos interdisciplinarios para desarrollar el mismo proyecto, cada cual abordando la parte que a su asignatura atañe. El punto clave es que estudiantes de corte psicológico y formativo muy dispar se ponen a trabajar juntos, obligados a comunicarse, tratarse y negociar. De esta manera se intenta simular un entorno muy cercano a la realidad industrial, donde actores de distintos departamentos sacan adelante un producto común.

Los trabajos son proyectos de ingeniería con contenido electrónico y se plantean en dos niveles: Trabajos de varias asignaturas y proyectos de fin de carrera. Se trata de estudiantes de distintas titulaciones en ambos casos.

Como es normal en los PBL, los estudiantes tienen que trabajar cooperativamente, desarrollando competencias de organización del tiempo y del equipo de trabajo, establecimiento de objetivos, asignación de tareas, ejecución de las mismas, toma de decisiones y valoración de los resultados.

El éxito del proyecto se basa en la consecución de un objetivo principal que es el de equilibrar los esfuerzos de ambos grupos para completar el desarrollo de un diseño tanto a nivel de producto como de su electrónica. Esto se consigue si los grupos de trabajo establecen correctamente los objetivos iniciales y se coordinan adecuadamente para superar las sucesivas fases del proyecto.

## **3. Planteamiento inicial**

El primer nivel a pequeña escala, trata de tres trabajos dirigidos en sendas asignaturas que son:

- Tecnología de Componentes, optativa de 2º, 2º cuatrimestre de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial. 6 Créditos de la Universidad de Zaragoza (4 ECTS)
- Diseño y Producto, obligatoria de 3º de Ingeniería Técnica en Diseño Industrial. 10 Créditos (7.5 ECTS)
- Sistemas Multimedia, optativa de 3º, 2º cuatrimestre de Ingeniería Técnica en Diseño Industrial. 6 Créditos (4.5 ECTS)

En cada asignatura hay involucrados, al menos, dos profesores de los correspondientes departamentos. A continuación se describe la parte que cada asignatura dedica al PBL.

### **3.1. Trabajo de Tecnología de Componentes**

El trabajo de Tecnología de Componentes es un, así llamado, "Pequeño Proyecto Electrónico" en el que los estudiantes (en grupos de tres) tienen que realizar su diseño, no limitándose al planteamiento teórico, sino eligiendo los componentes reales de manera que sean óptimos y estén disponibles. El alcance tiene que llegar a la construcción y puesta a punto de un prototipo operativo. Es de resaltar que es la primera vez que los estudiantes se enfrentan a un proyecto real y que el nivel de conocimientos y experiencia es bastante dispar: hay estudiantes que apenas han entrado en 2º curso y otros están de lleno en 3º. En la construcción se pueden alcanzar varios niveles de realización, unos más costosos que otros en dedicación, de manera que los equipos pueden alcanzar uno u otro nivel dependiendo de su

empeño y de si las dificultades que hayan encontrado les permiten dedicar tiempo suficiente a la construcción. Todo esto se valora en el tribunal que evalúa los trabajos. El trabajo cuenta como el 50% de la calificación final de la asignatura.

La experiencia del primer año llevó a decidir que todos los estudiantes realizarían proyecto híbrido (en el primer año sólo lo realizaron tres de los ocho grupos, de manera que el desarrollo y contenido del trabajo era muy distinto para unos y otros). Esto fue posible porque el número de estudiantes que siguieron la asignatura lo permitió; La matrícula de Tecnología de Componentes se mantiene entre 15 y los 25 estudiantes correspondientes a entre 5 y 8 grupos.

El número de equipos está determinado por el número de estudiantes electrónicos que va a ser previsiblemente menor que el de los diseñadores.

### 3.2. Trabajo de “Diseño y Producto”

El trabajo de Diseño y Producto es el segundo que se realiza en la asignatura, que es anual, y consiste en la planificación, búsqueda de información y documentación para realizar análisis de producto de los que obtener nuevas ideas o conceptos de producto, que serán desarrollados funcional y formalmente para su posterior definición técnica y de detalle que lleve a la obtención de un modelo funcional o prototipo.

Los estudiantes de diseño industrial tendrán que construir la maqueta que hayan diseñado. En ese momento, los estudiantes tendrán que integrar ambas partes del prototipo, la maqueta y la parte electrónica, para conseguir el producto final. Este trabajo tiene una ponderación del 30% de la asignatura.

Ésta no es la única modalidad de proyecto de esta asignatura y dependiendo de la oferta global y de la matrícula, el número de estudiantes implicados es del orden de 1 a 3 por equipo.

### 3.3. Trabajo de Sistemas Multimedia

Paralelamente a la labor de desarrollo ingenieril del producto, los estudiantes de Sistemas Multimedia realizan su trabajo, que puede estar basado en diversos aspectos. Por ejemplo una presentación multimedia del producto con carácter técnico o con carácter comercial o un reportaje multimedia sobre el desarrollo del proyecto o de la experiencia de aprendizaje. Estos alumnos pueden pertenecer en algún caso a uno de los grupos de Diseño de Producto al ser de la misma titulación.

El trabajo cuenta con la ponderación del 50% de la asignatura. Este alto valor está motivado por la filosofía y función que se pretende dar al mismo. Su importancia es manifiesta desde el punto de vista de que su diseño y desarrollo supone un reto muy próximo a la realidad profesional con la que se van a encontrar en un futuro no muy lejano. Por ello, los objetivos que deben conseguir los estudiantes no se quedan en una mera presentación interactiva de algún producto o tema desarrollado sino que, por el contrario, deben ir más allá y que se convierta, en sí mismo, en un producto, producto multimedia en este caso, con entidad propia y significativa.

Podría considerarse que el trabajo de sistemas multimedia sea la presentación del proyecto ante el tribunal. Por el momento no se ha explorado esta posibilidad dado que valoramos fuertemente que los estudiantes preparen la presentación, ya que, sobre todo los electrónicos, tienen poca o nula experiencia al respecto.

Es opcional que haya un trabajo multimedia asignado a un proyecto. Se ofrece a los estudiantes para que lo elijan voluntariamente, de manera que su número es absolutamente impredecible. Esta parte del PBL se va a introducir en este curso de manera que no existe experiencia al respecto.

### 3.4. Proyectos de fin de carrera híbridos

El segundo nivel es cualitativamente equivalente al primero, pero en este caso se aplica al proyecto de fin de carrera de dos estudiantes, uno de electrónica y otro de diseño industrial. El proyecto es de mayor entidad y los estudiantes son bastante más maduros. Hay dos directores, uno de electrónica y otro de diseño industrial.

En cuanto a la dirección de los trabajos, los profesores tienen que instruir a los estudiantes acerca de cómo trabajar en equipo. En el seguimiento de los trabajos está previsto que, además de las reuniones habituales de cada "sección" del proyecto con cada profesor, haya reuniones conjuntas para ir integrando los trabajos de sendos estudiantes.

Hasta el momento sólo se han realizado dos proyectos de fin de carrera con estas premisas y la colaboración ha sido limitada, ya que en ambos casos el diseñador ha terminado antes y el electrónico ha terminado el suyo independientemente.

## 4. Diseño del PBL de proyectos interdisciplinares

A lo largo de los tres años de experiencia se ha ido optimizando el protocolo de actuaciones del PBL, afinándose de esta manera el calendario y las propias actuaciones. El resultado se resume en la tabla 1. A continuación se explican las sucesivas fases.

### 4.1. Reunión de arranque del PBL

Es necesaria una reunión previa (principios de noviembre) entre todos los profesores para planificar el PBL y decidir las líneas de trabajo de los proyectos. En los primeros años los temas fueron muy variados (amplificador de audio para reproductor de mp3, sistema de riego automatizado, juegos electrónicos, dosificador de comida para mascotas, economizador de agua, etc.). En el último curso hemos valorado las ventajas de utilizar una única base tecnológica como es un acelerómetro integrado para desarrollar distintos tipos de productos, como instrumentos musicales, niveles, plataformas de equilibrio, juegos, etc. Esto simplifica sobremanera la realización técnica.

### 4.2. Inicio de los proyectos de Diseño y Producto

Aunque los proyectos se desarrollan en el 2º cuatrimestre, resulta conveniente que los estudiantes de Diseño y Producto comiencen antes (finales de noviembre), ya que tienen que realizar una serie de trabajos previos a la especificación del producto, como son planificación, prospección, análisis, obtención de nuevos conceptos de producto y desarrollo funcional y formal de los mismos. Al final de este proceso los grupos de diseño negocian con su profesor la definición técnica y de detalle del producto, de manera que redactan el "brief" y alcance del mismo, y disponen de un espacio de tiempo para poder investigar qué líneas de trabajo se pueden desarrollar, y hacer propuestas concretas supervisadas por los tutores, para llevar a la fase inicial con los electrónicos. De esta manera se solventa un problema de los estudiantes de diseño detectado en los primeros años que tenían que afrontar el proyecto tras el periodo de exámenes con muy poca libertad de acción y teniendo que tomar decisiones muy rápidas en las primeras fases. El resultado ha sido que los diseñadores ya tienen opciones conceptuales de

producto a principio de enero, que pueden comentar con los electrónicos para tomar decisiones de forma compartida incluyendo el criterio de diseño electrónico.

#### 4.3. Reunión inicial

A comienzo del cuatrimestre (principios de febrero) se junta a los estudiantes de diseño industrial con los electrónicos para una reunión inicial con todos los profesores. Se explican a fondo todos los detalles del trabajo y el calendario de realización del proyecto tanto en el aspecto técnico que atañe a cada asignatura como en lo que respecta al PBL (indicaciones de metodología y de trabajo en grupo, etc.) A continuación se presenta cada grupo de diseño al correspondiente de electrónica para que se conozcan, establezcan su forma de trabajar y un calendario, acuerden cómo se van a comunicar, elijan a un interlocutor para cada subgrupo y a un líder. Cada grupo es visitado por sus supervisores para comprobar que han cumplido con todo ello y para negociar las especificaciones técnicas del producto en ambos planos: diseño y electrónica. Así mismo se les entrega el siguiente documento que resume lo que se espera de ellos.

A partir de este momento los equipos pueden empezar a trabajar.

#### ***Arenga inicial a los equipos PIIDUZ 08 / 09***

*Cada parte, electrónicos y diseñadores, conoce cómo tiene que desarrollar el proyecto para las respectivas asignaturas. La particularidad es que el objeto del proyecto es común para ambas partes, de manera que tendrán que trabajar en equipo, negociar, tomar decisiones consensuadas y cumplir cada cual su cometido particular en sincronía. Realizar bien estas funciones determinará el éxito del grupo. El plus de aprendizaje que tiene este planteamiento es que es una simulación de la forma real de trabajar en la industria, donde hay equipos multidisciplinares con tareas distintas que trabajan sobre el mismo producto.*

*El equipo tendrá que tomar decisiones en los siguientes campos:*

- \* Objetivos. Se debe apuntar a un producto viable.*
- \* Especificación. Primero funcional (de usuario) y después técnica.*
- \* Decisiones de diseño.*
- \* Restricciones mecánicas, térmicas y de espacio.*
- \* Calendario.*
- \* Medios de comunicación, interlocutores y líder del grupo.*

*Se marcarán una serie de hitos en el desarrollo del trabajo, de los que habrá que dar cumplida cuenta. Es conveniente que los grupos lleven un cuaderno de bitácora donde dejen constancia del avance del trabajo, reuniones, incidencias y el cómputo del tiempo invertido para cada tarea (documentación, diseño, reuniones, generación de documentos, presentaciones...) Los estudiantes tendrán que hacer una presentación intermedia sobre el trabajo realizado, la metodología y el cómputo del tiempo. Se valorará positivamente la calidad del trabajo en equipo.*

*Además de la evaluación técnica del trabajo para cada asignatura, resulta necesario de evaluar el método de trabajo. Para ello, en la presentación final se pedirá una valoración de esta metodología, los problemas surgidos y cómo se han resuelto, el grado de cumplimiento de los objetivos iniciales y el cómputo de la carga de trabajo desglosada en tareas.*

**Tabla 1.** Calendario de actuaciones

Actuación	Fecha	Implicados	Objetivos
Arranque PBL	Nov	Todos los profesores	Planificación; Temas de proyecto; Calendario
Inicio proyectos DI	Nov	Profesores y estudiantes de DI	Creación de grupos de DI; Asignación de proyectos
Reunión inicial	Feb	Todos los profesores y estudiantes	Explicación de metodología; Calendario; Grupos DI+Elec; Especificación; Líderes
Consultas	-----	Grupo de asignatura y supervisor	Aclarar dudas; Decisiones de diseño; Resolver conflictos
Seguimiento	Abril	Todos los profesores y estudiantes	Supervisión; Correcciones; Evaluación intermedia
Presentaciones	Mayo	Estudiantes y profesores de cada asignatura	Exposición de trabajos; Recomendaciones; Evaluación por estudiantes; Calificación
Evaluación	Jun	Todos los profesores	Análisis de resultados técnicos y del PBL; Conclusiones; Previsiones

#### 4.4. Consultas

A lo largo de la realización de los proyectos cada grupo de asignatura puede visitar a su profesor para supervisión técnica, tomar decisiones de diseño, despejar dudas o plantear problemas metodológicos, como conflictos que pueden surgir con el grupo de la otra titulación.

#### 4.5. Reunión de seguimiento

Antes del final y con tiempo suficiente para corregir problemas (primeros de abril), se hace necesaria una reunión de seguimiento entre todos los grupos y sus supervisores. El objetivo es vigilar el adecuado avance del proyecto y su correcta realización en fondo y forma, establecer las medidas correctivas necesarias y resolver cualquier desencuentro, conflicto o falta de sincronización entre los grupos de cada titulación.

#### 4.6. Presentación de los trabajos

Se realiza a finales de mayo para cada asignatura por separado. Se trata de una presentación formal ante un tribunal formado por todos los profesores supervisores y con la presencia de todos los estudiantes. La evaluación se desglosa en varias partes que incluyen: calidad técnica y alcance; esfuerzo; eficiencia del trabajo en equipo y con el otro grupo; presentación y actitud.

Además de la parte técnica, se les pide que cuenten su experiencia al trabajar con esta metodología de PBL interdisciplinar. Esto debe incluir el relato de las fases de desarrollo del proyecto, atendiendo especialmente a la comunicación con el otro grupo y la valoración de la calidad de esta comunicación y del trabajo en equipo en general. Al final es primordial conocer su percepción personal sobre lo que les ha aportado a su formación esta forma de trabajar. Ésta es, obviamente, la fuente de la evaluación que de los estudiantes obtenemos sobre el PBL.

Por su parte el tribunal, además de las indicaciones técnicas pertinentes y al hilo de lo que va sucediendo en las presentaciones, da las indicaciones oportunas sobre metodologías de trabajo en equipo, actitudes profesionales y comunicación. Es una ocasión inmejorable para provocar en los estudiantes un cierto aprendizaje en estos temas.

#### 4.5. Evaluación del PBL

Después de las presentaciones, los profesores supervisores de las asignaturas implicadas ponen en común las incidencias de la marcha del PBL, los resultados de los proyectos y la evaluación de los estudiantes, para obtener las conclusiones de la experiencia y hacer previsiones para el curso siguiente.

#### 5. Evaluación por los estudiantes

Como ya se ha indicado, en la presentaciones se les pide a los estudiantes que cuenten su experiencia de trabajo en equipo y que evalúen la metodología del PBL. El número de grupos es muy reducido, de manera que no tiene mucho sentido elaborar una estadística formal. Sí interesa, en cambio, conocer todos los puntos de vista que se comparten en mayor o menor grado por los grupos.

La evaluación general de la experiencia es francamente alta según lo expresan la totalidad de los estudiantes, que además son conscientes de los beneficios que la metodología aporta a su formación.

Consideran que es un trabajo cercano a lo profesional, lo cual le otorga un valor como una formación que va más allá de lo técnico. Aprecian el valor del aspecto social que significa tener que interaccionar con personas con distinta formación.

El método otorga un valor especial al proyecto, que se convierte en un prototipo cercano al producto fabricable y vendible. Un producto que no es fruto de ningún azar, sino que ha sido diseñado y construido por ellos, lo cual les hace sentir orgullosos. El valor que los estudiantes dan al trabajo sirve como una fuerte motivación para “hacerlo mejor” y provoca que mejoren los resultados de formación.

Pero, amén de todas estas bondades, los alumnos electrónicos opinan en general que es mucha carga de trabajo para una optativa de pocos créditos (la de los diseñadores es una obligatoria de peso). Respecto a esto les planteamos dos argumentos. Uno es que efectivamente hay una superior carga de trabajo; convenimos en que un trabajo de estas características tendría que pertenecer a una asignatura obligatoria con más peso. A esto sólo podemos añadir que éstas son las circunstancias en las que estamos: los profesores implicados tenemos jurisdicción en estas asignaturas y no en otras. El segundo se resume en que cuesta más pero es más valiosa. Puede compararse con los proyectos de fin de carrera: hay tipos de proyecto que son más costosos y se pueden elegir sabiendo que habrá que invertir más esfuerzo. Las optativas también ofrecen variedad en cuanto a esfuerzo y ganancias. En algún caso muy aislado esto ha provocado un desequilibrio en la motivación entre electrónicos y diseñadores al tener las asignaturas una importancia relativa dispar. Como consecuencia la implicación de los electrónicos fue menor que lo adecuado, cosa que tuvo que tener reflejo en la calificación.

La gestión del tiempo y la dificultad de encontrar huecos para reunirse es un tema que mencionan como negativo todos los alumnos, pero en general lo llegan a solucionar con éxito. Por una parte es interesante que se enfrenten a este problema ya que desarrolla una habilidad muy necesaria en el mundo real, y por otra, hay que estar vigilante para que las dificultades no sean excesivas.

En los dos primeros años ocurrieron dos abandonos por parte del diseñador (se trataba de grupos con un solo diseñador). Los electrónicos tuvieron que continuar con su proyecto sin la contraparte de diseño industrial. Esto se puede considerar como un fracaso parcial para el grupo implicado y afortunadamente no sucede con frecuencia.

#### **4. Conclusiones**

La PBL es una herramienta excelente en la formación técnica. Esta experiencia propone extender su alcance a aptitudes fundamentales en un ingeniero que se consiguen con el trabajo en equipos multidisciplinares, con compañeros de formación y carácter distintos al proceder de distintas titulaciones. Se han apreciado las dificultades de comunicación que aparecen en este escenario y la efectividad de la experiencia para cumplir este aprendizaje. Así, este tipo de trabajos permite desarrollar actitudes sociales y profesionales de gran valor para la vida laboral como son: capacidad de comunicación sobre temas técnicos a personas profanas; capacidad de comunicación y cooperación con profesionales de otros campos; flexibilidad ante las exigencias del entorno y capacidad de asunción de instrucciones. Estos logros de aprendizaje son un plus sobre los que se pueden conseguir con un PBL convencional.

Se hace evidente que ésta no tendría que ser una experiencia aislada en la carrera. La capacitación para el trabajo en equipo y la realización de proyectos es un objetivo principal en la formación de ingenieros (además de que se consiguen otros laterales como aprender a redactar informes o comunicar resultados). Esta parte de la enseñanza debería distribuirse desde el primer año e irse graduando en intensidad y exigencia hasta el proyecto de fin de carrera. Para ello sería necesario realizar una serie de cambios en varios niveles. Por una parte es necesario contar con el uso de laboratorios y recursos informáticos en horario abierto. En lo que atañe a profesores éstos tienen que asumir que una parte importante de la formación tiene que dedicarse a estos trabajos. Habría que redistribuir la carga de trabajo de estudiantes y profesores, teniendo que restar, en consecuencia, tiempo a la enseñanza de conocimientos. Hay que comprender y asumir que a través del PBL también se aprenden conocimientos. Y que la palabra restar puede cambiarse por optimizar y que todo ello pasa por cambiar paradigmas y metodologías. En conclusión, los cambios de los que estamos hablando alcanzan a toda la estructura docente y logística de las enseñanzas. A este respecto esta actividad resulta francamente motivadora y formadora para el profesorado de cara a nuestra preparación de los nuevos estudios de Grado.

Se dice que sin motivación no hay aprendizaje, y en esta experiencia hemos conseguido provocarla a base de ilusionar a los estudiantes por formar parte de algo más grande. Resulta excitante observar lo que ocurre al unir dos aulas de estudiantes que se desconocen y que se saben distintos en presencia de, al menos, media docena de profesores, cosa que incrementa la tensión escénica del evento. Esto es lo que hacemos en la presentación inicial. Es excitante observarlo porque ellos están realmente excitados, quizá por diversas razones, pero sin duda por alguna de las siguientes: Van a conocer a otras personas con las que van a trabajar; Sienten que están empezando una labor cuasiprofesional de más entidad que lo que han hecho antes; Comprenden que van a tener más responsabilidad, cosa que les crece y asusta al mismo tiempo; Intuyen que van a conocer cosas nuevas e interesantes, distintas a las de su aprendizaje habitual. En conclusión, por el hecho de juntar estudiantes de distintas disciplinas, se provocan una reacciones emotivas que hacen crecer una motivación de alta calidad e intensidad, que va a redundar en una mayor eficiencia del aprendizaje.



Es de vital importancia atender a que se cumplan los objetivos de todas las fases de desarrollo de los proyectos. Esto es especialmente crítico respecto de la fases iniciales de especificación. Se ha demostrado que esto es una garantía casi total del éxito y se han detectado muchos problemas por una deficiencia o tardanza en la especificación.

La existencia de un líder y de interlocutores eficientes es también un factor clave que hay que vigilar. Es más fácil cumplir las expectativas por grupos bien liderados y que se comunican con fluidez.

En cuanto a la evaluación de los trabajos de los electrónicos, la formación técnica adquirida varía en cada estudiante, siendo influida fuertemente por los conocimientos previos. Esto no es negativo sino, simplemente, parte del juego (la asignatura es optativa y los conocimientos previos muy variados). Cada grupo configura el reparto del trabajo según las posibilidades de cada componente y hay un esfuerzo de puesta en común para que todos estén al tanto del diseño, porque así se les va a exigir. Aparece el típico y deseable aprendizaje entre pares. En cualquier caso es necesario calibrar la complicación y el alcance de los proyectos para que puedan ser abarcados por cada grupo.

No es de poca importancia el que tengan que hacer una presentación formal. Es la primera vez que los electrónicos se enfrentan a ello y les produce cierta tensión. Tienen que ponerse al tanto de las herramientas y usarlas, además de preparar un discurso. Es una faceta de aprendizaje importante porque lo es en el ámbito profesional.

Aprovechamos la evaluación pública, con asistencia como público de otros grupos, para, además de las consideraciones técnicas, impartir una "lección" sobre trabajo en equipo, comunicación de resultados, actitudes, registro de lenguaje, etc. Consideramos que es especialmente importante porque es una de las escasas ocasiones en las que pueden recibir formación sobre estos temas. Además, es un momento en el que están extremadamente receptivos.

El resultado del trabajo conjunto ha mostrado la importancia de este tipo de experiencias de simulación de entornos laborales reales en la preparación de nuestros estudiantes. Más concretamente, este proyecto es el último que realizan los estudiantes de diseño antes del proyecto de fin de carrera, por lo que su perspectiva y su utilidad es muy evidente para estos estudiantes; su motivación, por ello, es muy elevada.

Hay que ser consciente de la dificultad que supone el que se coordinen profesores de distintos departamentos en distintas titulaciones. No obstante es notable el beneficio formativo que una PBL multidisciplinar conlleva, en un aspecto difícil de conseguir en la formación como son las actitudes profesionales. Consideramos que el esfuerzo merece la pena ya que esta experiencia de colaboración ha resultado muy enriquecedora y gratificante para los profesores, sobre todo al ver los efectos que produce en los estudiantes

Las ventajas consideradas en estas conclusiones hacen que merezca la pena seguir desarrollando esta experiencia, que podría ampliarse a otras materias como informática, empresariales, arte o derecho, por decir unas pocas.

## Referencias

- [1] J.M. López, C. Bernal Ruiz, A. Bono. *La formación en ingeniería en la era digital: la formación basada en proyectos*. Curso del ICE de la Universidad de Zaragoza (2004)
- [2] E. Oyarbide, *The Challenging-Problem Method: how to drive the learning-teaching process from real-world problems to their solutions through engineering skills*. Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education, ICECE05, Madrid (2005)
- [3] B. Bloom, et al. *Taxonomía de los objetivos de la educación: la clasificación de las metas educacionales: manuales I y II*. Buenos Aires. AR. 10 ed. El Ateneo. 1990.