



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

LA EXPERIENCIA DEL EQUIPO ETSEIB-ELISAVA EN LA BARCELONA SMART MOTO CHALLENGE

Un proyecto Learning-by-doing de Diseño e Ingeniería

- Moreno Eguílaz, Manuel¹
manuel.moreno.eguilaz@upc.edu
- García Espinosa, Antoni²
garciae@ee.upc.edu
- Riba Ruiz, Jordi³
riba@ee.upc.edu
- Ortega Redondo, Juan Antonio⁴
juan.antonio.ortega@upc.edu
- Romeral Martínez, José Luis⁴
luis.romeral@upc.edu
- Hernández Chiva, Emilio⁵
emilio.hernandez@i2cat.net

- (1) Universidad Politécnica de Cataluña
Departamento de Ingeniería Electrónica / ETSEIB
Diagonal 647, Planta 9, 08028 Barcelona, España
- (2) Universidad Politécnica de Cataluña
Departamento de Ingeniería Eléctrica / EET
Colom 1, 08222, Terrassa, España
- (3) Universidad Politécnica de Cataluña
Departamento de Ingeniería Eléctrica / EEI
Plaça del rei, 15, 08700, Igualada, España
- (4) Universidad Politécnica de Cataluña
Departamento de Ingeniería Electrónica / ETSEIT
Rambla Sant Nebridi 22, Terrassa, España
- (5) Universidad Politécnica de Cataluña
Departamento de Proyectos de Ingeniería
Diagonal 647, Planta 10, 08028 Barcelona, España

1.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

1. **RESUMEN:** se describe una experiencia docente pionera basada en el clásico concepto “learning-by-doing”, en la que diseño e ingeniería se unen para obtener un producto de mercado. En concreto, se describen los retos planteados así como las dificultades encontradas por el equipo ETSEIB-ELISAVA, procedentes de la Universidad Politécnica de Cataluña y de la Universidad Pompeu Fabra, respectivamente, que consiguió el premio al diseño en la primera edición de la competición Barcelona Smart Moto Challenge.
2. **ABSTRACT:** a pioneering teaching experience based on the classic concept of "learning by doing" is described, where design and engineering join together to get a product market. In fact, the challenges and difficulties encountered by the ETSEIB-ELISAVA team, from the Polytechnic University of Catalonia and the University Pompeu Fabra, respectively, are described, who won the design award in the first edition of the Barcelona Smart Moto Challenge competition.
3. **PALABRAS CLAVE:** Learning-by-doing, Diseño, Ingeniería, Vehículo Eléctrico, Moto Inteligente / **KEYWORDS:** Learning-by-doing, Design, Engineering, Electric Vehicle, Smart Moto.
4. **DESARROLLO:**

a) Objetivos

El objetivo de este trabajo es describir y fomentar una experiencia docente innovadora y pionera en el mundo universitario basada en una competición internacional sobre motocicletas eléctricas, el concepto learning-by-doing y la sinergia de dos escuelas universitarias, una de diseño (ELISAVA/UPF) y otra de ingeniería (ETSEIB/UPC).

b) Descripción del trabajo

A principios del curso académico 2012-2013 se presentó la primera edición de la BARCELONA SMART MOTO CHALLENGE [1] (Fig. 1). Se trata de una competición internacional de diseño, desarrollo y construcción de motos eléctricas donde los estudiantes



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

de las universidades participantes deben fabricar una moto eléctrica según un reglamento determinado [2], [3]. No deja de ser el clásico concepto learning-by-doing [4], pero aplicado al vehículo eléctrico, tan de moda hoy en día.



Fig. 1. Logo oficial de la Barcelona Smart Moto Challenge.

Dos escuelas universitarias formaron el equipo denominado ETSEIB-ELISAVA (Fig. 2). La escuela ETSEIB (Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona), pertenece a la UPC (Universidad Politécnica de Cataluña). La escuela ELISAVA (Escuela Superior de Diseño e Ingeniería de Barcelona) pertenece a la UPF (Universidad Pompeu Fabra). Inicialmente el equipo estaba formado por 6 miembros de cada escuela, con un total de 12 personas entre diseñadores e ingenieros. El objetivo de unir ambas escuelas (Fig. 3) era fomentar el trabajo en equipo de diseñadores e ingenieros, para acercar aún más la universidad a la realidad industrial de nuestro entorno.

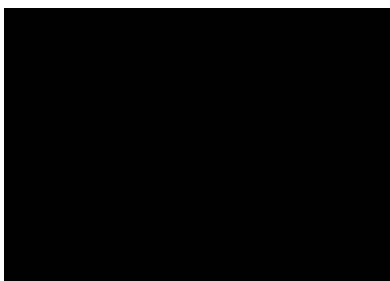


Fig. 2. Marca del equipo ETSEIB-ELISAVA.

Cabe destacar que no pocas dificultades surgieron en los inicios del proyecto. En efecto, el proyecto empezó más tarde que el curso académico, básicamente por culpa de la organización de la competición (téngase en cuenta que era la primera edición). Además, no había recursos materiales ni económicos. Por no haber, prácticamente no había ni un local donde los estudiantes pudiesen reunirse. Estas primeras dificultades fueron venciendo, con un despacho propio para el diseño, un laboratorio propio para la fabricación de la moto



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

y el hallazgo de algunos patrocinadores que vieron un proyecto muy prometedor pese a las dificultades por tratarse de la primera vez.



Fig. 3. Logotipo del equipo ETSEIB-ELISAVA.

Un profesor de cada escuela se hacía responsable del proyecto. Esto añadía una dificultad adicional, dado que no había un único responsable del proyecto. El equipo sí que contó desde el primer momento de un líder de equipo, el “team leader”, lo que permitió mayor agilidad a la hora de progresar en el proyecto.

Las mayores dificultades surgieron a la hora de unir los esfuerzos de diseñadores e ingenieros. Estudiantes de distintas escuelas, con formaciones muy diferentes y con principios y visiones en algunas ocasiones dispares hicieron que el proyecto estuviese a punto de ser abortado por falta de entendimiento en el equipo.

Finalmente el consenso se logró y cuando faltaban pocos meses para la competición ya se tenía un primer diseño sobre el papel de cómo iba a ser aquella moto eléctrica, denominada BRUC01 (Fig. 4).



Fig. 4. Diseño de la moto BRUC01 del equipo ETSEIB-ELISAVA.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

La siguiente dificultad era encontrar patrocinadores, fundamentalmente que ayudasen al equipo a fabricar el chasis de la moto. Afortunadamente una empresa catalana, fabricante de aluminio, dio el visto bueno al proyecto y se comprometió a fabricar el chasis según especificaciones. El tiempo fue un factor determinante. A pesar de no haber cumplido los plazos previstos, el chasis estuvo acabado unos días antes de la competición. Mientras tanto, el equipo fue capaz de encontrar, a coste cero o con grandes descuentos el resto de componentes mecánicos (ruedas, manillar, frenos, etc.)

En lo que se refiere a la electrónica (Fig. 5), también aparecieron algunas dificultades adicionales. El reglamento de la competición especificaba que se debían utilizar tres componentes proporcionados gratuitamente por un fabricante alemán de vehículos eléctricos. En concreto, era obligatorio utilizar el motor, la centralita electrónica con su cableado y la batería. A priori todo parecía sencillo, “conectar y funcionar”, pero desgraciadamente el equipo tuvo que “adivinar”, en muchas ocasiones, cómo conectar los equipos para su correcto funcionamiento. Es importante destacar que en esta parte el fabricante alemán proporcionó muy poca información sobre la electrónica y sobre todo, muy tarde.



Fig. 5. Componentes electrónicos cedidos por un el fabricante alemán ELMOTO.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

Uno de los grandes retos del equipo fue hacer una moto "smart" o inteligente. La organización de la competición iba a premiar a aquellas motos que tuviesen algún tipo de conectividad con el mundo exterior. Para conseguir dicho reto, el equipo optó por una solución basada en Bluetooth. En efecto, dado que la centralita (ECU) de la moto disponía de bus CAN, se decidió adquirir un convertor CAN/Bluetooth (Fig. 6), y enviar datos de la moto (autonomía, velocidad, temperatura, etc.) hacia un teléfono móvil. Una aplicación en JAVA permitía capturar los datos vía Bluetooth y enviarlos vía GPRS a un servidor de datos, al que se podía acceder desde cualquier lugar utilizando un ordenador o un dispositivo móvil.

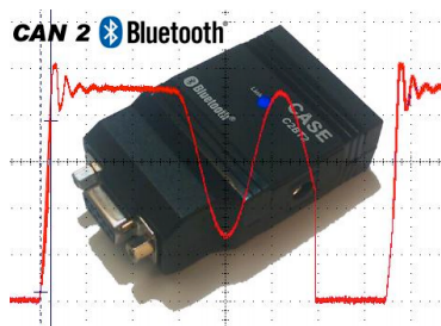


Fig. 6. El convertidor comercial CAN/Bluetooth utilizado.

Algunos puntos débiles, por falta de tiempo y recursos, fueron, entre otros, el limitado funcionamiento de las luces, especialmente la delantera y la nula estanqueidad del carenado, lo que ocasionó algunos problemas durante la competición. La organización de la competición obligó a añadir un interruptor de pánico o emergencia que desconectara la moto en caso de peligro. Dado que no se había previsto, esta parte se añadió durante los días de la competición.

La moto eléctrica fue presentada oficialmente en el mes de Julio [5] y seguidamente participó en la competición (Fig. 7), alcanzando el segundo premio en la clasificación global y el primer premio al diseño [6].



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES



Fig. 7. Foto del equipo ETSEIB-ELISAVA durante la competición.

Para ser la primera vez, fue un gran éxito el conseguido, dadas las dificultades encontradas y la escasez de recursos materiales, temporales y económicos.

Fue una gran experiencia universitaria, en la que la sinergia de diseño e ingeniería consiguió obtener un gran producto de mercado a partir de una experiencia learning-by-doing.

Las dificultades encontradas nos han ayudado a conocer los puntos débiles del proyecto, de manera que en sucesivas ediciones, sea más fácil alcanzar los objetivos planteados.

A nivel organizativo (Fig. 8), el equipo estaba encabezado por un “team leader”, que se encargaba de dirigir el trabajo de las diferentes áreas:

- Diseño (estética, ergonomía)
- Mecánica (chasis, frenos, aerodinámica)



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

- Electrónica (tracción, comunicaciones, iluminación)
- Marketing
- Gestión (economía, burocracia, administración, documentación)

Las asignaturas de la titulación que fueron implicadas, entre otras, son:

- Mecánica
- Electrotécnica y Máquinas Eléctricas
- Electrónica
- Gestión
- Economía
- Diseño
- Marketing

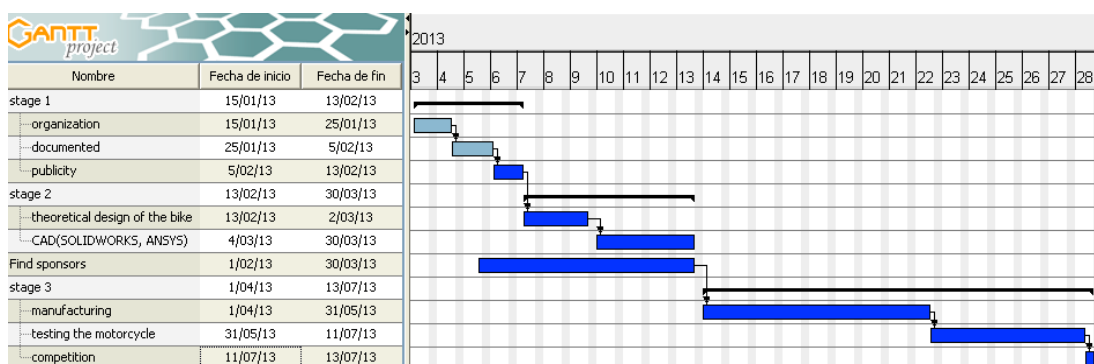


Fig. 8. Planificación del proyecto.

El profesor responsable del equipo se encargaba de velar por la correcta evolución técnica y temporal del proyecto, si bien desde un primer momento el equipo contó con plena autonomía, siendo el “team leader” del equipo el responsable de la gestión del proyecto del día a día. Únicamente cuando era necesario tomar decisiones estratégicas era cuando el profesor responsable se reunía con algunos miembros del equipo y el “team leader” para poder consensuar una salida a las dificultades encontradas. Es importante que los estudiantes tengan plena autonomía para que puedan enfrentarse a un problema real de diseño e ingeniería. Debe tenerse en cuenta que no se tratan de unas prácticas



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

convencionales de laboratorio, sino que se trata de un proyecto real de ingeniería, desde la concepción del producto hasta su fabricación y validación, contando con un plan de negocio y una demostración de la viabilidad tanto técnica como económica.

La primera edición de la Barcelona Smart Moto Challenge contó, desgraciadamente, con más de una baja de los equipos participantes, ya que por falta de tiempo o de recursos no fueron capaces de presentar un producto acabado en los días de la competición. Es importante destacar este punto, ya que se debe entender la iniciativa como un proyecto completo de diseño e ingeniería, desde principio hasta el fin, con todas las implicaciones que conlleva, no sólo a nivel técnico, sino también económico y de gestión.

El proyecto influyó decisivamente en el aprendizaje de los estudiantes, a nivel técnico, en los siguientes aspectos:

- Necesidad de integrarse en un equipo interdisciplinar, con diseñadores e ingenieros de distintas especialidades (mecánica, electricidad, electrónica y gestión).
- Necesidad de llegar a acuerdos con los demás miembros del equipo en temas técnicos (por ejemplo, viabilidad de la forma del chasis, materiales, peso, etc.)
- Necesidad de entender el proyecto como un todo, en el que las decisiones afectaban al producto final y al proyecto global. En un proyecto de esta índole hay que trabajar en equipo, pues el éxito del proyecto depende del correcto funcionamiento de cada una de sus partes.
- Necesidad de aprender a explicar a los diseñadores la viabilidad de las soluciones técnicas adoptadas a cada uno de los problemas planteados.
- Necesidad de acabar un producto en un tiempo muy acotado.
- Necesidad de entender el funcionamiento de equipos comerciales sin documentación disponible o con escasa documentación.
- Necesidad de justificar los criterios de diseño, presentando un plan de negocio, con su correspondiente viabilidad técnica y económica.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

El proyecto influyó decisivamente en el aprendizaje de los estudiantes, a nivel de gestión de proyectos de ingeniería, en los siguientes aspectos:

- Necesidad de adaptarse al ritmo de trabajo de un equipo, con unos plazos determinados.
- Necesidad de buscar recursos materiales y económicos en un sector, como es de la automoción, poco conocido y en general bastante cerrado al público en general.
- Necesidad de aprender a explicar el proyecto a patrocinadores.
- Necesidad de gestionar y coordinar distintos grupos de trabajo interdisciplinares.
- Necesidad de terminar el proyecto con un producto acabado con recursos muy modestos.
- Necesidad de utilizar las tecnologías actuales de la información y las comunicaciones para crear una campaña de micro-mecenazgo para obtener recursos adicionales.
- Necesidad de hablar y escribir en inglés, para redactar la memoria y hacer la defensa final del proyecto.

El proyecto, como experiencia pionera de innovación docente, se considera muy positivo, ya que aporta a los estudiantes, entre otros:

- Motivación para poner participar en un proyecto real.
- Oportunidad para poder poner en práctica los conocimientos adquiridos durante las asignaturas de la titulación.
- Oportunidad para trabajar en un equipo multidisciplinar.
- Oportunidad para practicar una lengua extranjera.
- Oportunidad para elaborar un proyecto real desde el principio hasta el final, viendo todas y cada una de las etapas del desarrollo, desde la concepción hasta la elaboración del plan de negocio.
- Posibilidad de conocer empresas de un sector importante, como es el de la automoción, entrando en contacto con expertos que asesoran y explican el punto de vista de las empresas en un proyecto universitario.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

- Posibilidad de trabajar con tecnologías punteras de vanguardia, tecnologías de la información y las comunicaciones, aplicándolas a un producto de mercado.
- Posibilidad de desarrollar la creatividad de cada participante, dado que el proyecto es abierto y parte de unas especificaciones muy amplias y con un gran margen de maniobra.
- Posibilidad de demostrar las habilidades y capacidades de cada participante.
- Posibilidad de responsabilizarse de tareas específicas del proyecto.

Los estudiantes miembros del equipo obtienen como compensación una serie de créditos siempre y cuando se matriculen de la asignatura en concreto. Este mecanismo sirve para motivar a los estudiantes con una recompensa adicional y para formalizar su participación en el proyecto, de forma que se pueda hacer un seguimiento serio y riguroso de cada estudiante durante el desarrollo del proyecto.

De cara al team leader, el proyecto supone una experiencia única e irrepetible, que aporta la posibilidad de participar por primera vez en la dirección de un proyecto real, teniendo que coordinar un equipo multidisciplinar, con unos tiempos muy limitados y unos recursos muy reducidos. El team leader tiene una gran responsabilidad en el proyecto, tanto a nivel de motivación y coordinación del equipo, como a nivel de ejecución del proyecto. Vale la pena destacar que en la primera edición de la Barcelona Smart Moto Challenge, el equipo de ETSEIB-ELISAVA contó con un gran líder de equipo, lo que facilitó la viabilidad y el éxito del proyecto. Un proyecto de este tipo debe contar un gran líder, para evitar problemas que hagan fracasar el proyecto. El líder del equipo debe tener máxima implicación en el proyecto, para asegurar el éxito. Se recomienda que el team líder se dedique a tiempo completo al proyecto y que le sirva como Trabajo Final de Grado o Proyecto Final de Carrera.

No cabe duda que proyectos de esta índole son necesarios hoy en día en un mundo cada vez más competitivo. Los estudiantes ponen en práctica aquellos conocimientos más teóricos de clase magistral, dándose cuenta de las verdaderas dificultades que aparecen en un proyecto



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

de ingeniería. Además, los estudiantes se percatan de que no son unas prácticas guiadas habituales, sino que hay unos plazos de entrega, unos recursos muy limitados, mucha libertad para decidir pero también mucha responsabilidad de cada miembro del equipo, pues el éxito del proyecto depende de todos los integrantes del equipo. Este tipo de proyectos dan responsabilidad al estudiante, haciéndole madurar enormemente. Este es uno de los puntos más relevantes e interesantes de participar en un proyecto de este tipo.

Una motivación adicional para los estudiantes puede ser la posibilidad de que utilicen parte del trabajo desarrollado durante la ejecución del proyecto como base o punto de partida para desarrollar y formalizar su Trabajo Final de Grado o su Proyecto Final de Carrera. En algunos casos, esta motivación adicional permite que algunos miembros del equipo dediquen esfuerzos adicionales durante la ejecución del proyecto.

Un tema importante que permite motivar a los estudiantes a la hora de participar en un proyecto de este tipo es el contacto con empresas locales del sector. En efecto, el hecho de explicar el proyecto, buscando patrocinadores, les puede servir para encontrar un trabajo al terminar la carrera. Este punto motiva a los miembros del equipo y favorece la incorporación al mundo laboral de los estudiantes. Las empresas también salen favorecidas, porque entran en contacto con estudiantes muy motivados y con experiencia en el sector en cuestión, repercutiendo muy positivamente en la transferencia de tecnología entre universidad y empresa.

Cabe destacar que en la primera edición de la Barcelona Smart Moto Challenge, dos de los miembros integrantes del equipo ETSEIB-ELISAVA consiguieron incorporarse al mundo laboral y en concreto en el sector de la automoción / vehículo eléctrico pocos días después de haber concluido la competición. Es por ello un aliciente más para fomentar la participación de los estudiantes en este tipo de proyectos.

Algunas universidades pueden ser inicialmente reacias a este tipo de proyectos por la falta de recursos materiales y económicos, dadas las circunstancias actuales de crisis económica. Es bien cierto que hace falta una mínima cantidad de dinero, entorno a los 8000 Euros, para



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

un correcto desarrollo del proyecto. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los estudiantes, bien sea con campañas de micro mecenazgo, ya sea buscando patrocinadores públicos y privados, son capaces de conseguir fondos suficientes para comenzar el proyecto, siendo las Universidades las responsables de acabar de sufragar los gastos finales del desarrollo. De esta forma, cualquier universidad puede participar en el proyecto, siempre y cuando sea capaz de motivar a los integrantes del equipo para conseguir los recursos materiales y económicos necesarios.

c) Resultados y/o conclusiones

El equipo ETSEIB-ELISAVA, con su moto eléctrica BRUC01 (Fig. 9) en la primera edición de la Barcelona Smart Moto Challenge, consiguió el primer premio al diseño, “static event”, (Fig. 10), alcanzando el segundo premio en la clasificación global de la competición. Con estos retos alcanzados, se puede concluir que es posible utilizar el concepto learning-by-doing con dos escuelas universitarias de ámbitos diferentes. La sinergia de diseño e ingeniería permiten alcanzar mayores retos y acercarse más a la realidad industrial de nuestro entorno. Las dificultades de coordinar un equipo multidisciplinar compuesto por estudiantes de diseño e ingeniería pueden ser superadas si se toman las precauciones adecuadas. Desde nuestra experiencia, alentamos a otras escuelas universitarias a participar en esta gran experiencia, si puede ser, uniendo los esfuerzos de distintas escuelas y/o universidades.



Fig. 9. Logotipo de la moto BRUC01.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES



Fig. 10. Premio al mejor diseño otorgado al equipo ETSEIB-ELISAVA.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.smartmotochallenge.org>
- [2] <http://www.smartmotochallenge.org/rules.html>
- [3] E. Hernández, Barcelona Smart Moto Challenge, XVII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Logroño, 17- 20 de Julio 2013.
- [4] Kolb, D.A., Rubin, I.M., McIntyre, J.M. (1974). Organizational Psychology: A Book of Readings, 2nd edition. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- [5] <http://www.elisava.net/es/el-centro/actualidad/agenda/barcelona-smart-moto-challenge>
- [6] <http://smc-ee.upc.edu/smcee/principal.html>