

# BiSKY Team: estudiantes de ingenierías diversas cooperan para construir un cohete

Jesús Lázaro  
Department of Electronic Engineering  
Universidad del País Vasco/Euskal  
Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)  
Bilbao, Spain  
jesus.lazaro@ehu.es

Elisabete Aramendi  
Department of Communication  
Engineering  
Universidad del País Vasco/Euskal  
Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)  
elisabete.aramendi@ehu.es

David de la Vega  
Department of Communication  
Engineering  
Universidad del País Vasco/Euskal  
Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)  
david.delavega@ehu.es

David Guerra  
Department of Communication  
Engineering  
Universidad del País Vasco/Euskal  
Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)  
david.guerra@ehu.es

Sofía Ruiz de Gauna  
Department of Communication  
Engineering  
Universidad del País Vasco/Euskal  
Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)  
sofia.ruizdegauna@ehu.es

Ibon Saratxaga  
Department of Communication  
Engineering  
Universidad del País Vasco/Euskal  
Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)  
ibon.saratxaga@ehu.es

**Abstract**—Entre las competencias transversales que debe asimilar el alumnado de cualquier ingeniería, destacan dos habituales: trabajar coordinadamente en equipo y resolver problemas complejos multidisciplinares. Sin embargo, no siempre es factible abordar dichas habilidades desde los planes de estudio, de manera convencional; a veces, diversas circunstancias lo hacen incluso inviable. La solución de compromiso más pragmática suele ser que múltiples estudiantes desarrollen un solo proyecto mediante trabajos fin de grado o de máster, en cooperación. En la Escuela de Ingeniería de Bilbao ha surgido una alternativa complementaria, impulsada por el alumnado, y alentada por docentes: BiSKY Team. Se trata de un equipo de estudiantes que se han aliado para construir un cohete que alcance los 100 km de altitud, lanzarlo y hacerlo volar hasta esa altura. A tal fin, cuentan con el apoyo de profesorado y profesionales de empresas relacionadas con el sector aeroespacial. Un reto de semejante envergadura obliga a desplegar capacidades y rutinas muy demandadas por las empresas, y que frecuentemente quedan relegadas a un segundo plano en las asignaturas convencionales. La propia autonomía de la asociación la lleva a organizarse prácticamente como una empresa. Por otra parte, iniciativas de estas características pueden servir como fuerzas motrices que atraigan alumnado a las tan necesitadas carreras de ingeniería.

**Keywords**— Tutoría, evaluación continua, estímulos didácticos

## I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los planes de estudio en ingeniería incluyen cooperar en equipo y resolver problemas polifacéticos, entre las competencias transversales que se deben adquirir. No obstante, dichas habilidades rara vez se pueden trabajar en actividades académicas convencionales; o incluso no es factible por múltiples razones. En la práctica, la salida más honrosa suele ser diversos trabajos fin de grado o de máster que convergen coordinadamente en un solo proyecto.

Por otro lado, el número de estudiantes que ingresan en titulaciones de ingeniería no permite cubrir la oferta laboral para esas profesiones. Son carreras con fama de duras y, a pesar de la excelente salida profesional, poco atractivas.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA INICIATIVA

Análogamente a otras experiencias previas [1-5], 49 estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Bilbao constituyen

This work has been supported by the Ministerio de Economía y Competitividad of Spain within the project TEC2017-84011-R and FEDER funds as well as by the Department of Education of the Basque Government within the fund for research groups of the Basque university system IT978-16.

BiSKY Team [6] (Fig. 1), actividad alentada por 4 docentes, en la que el equipo discente se ha propuesto montar lanzadores espaciales suborbitales, que alcancen 100 km de altitud –a partir de ahí, está convenido que empieza el espacio-, y que porten microexperimentos. Investigan en dos vías paralelas: estructuras de ensayo, donde verifican una tecnología híbrida –combinar oxidante líquido y combustible sólido- (Fig. 2) y combustión sólida para cohetes (Fig. 3), en los que prueban la electrónica. La tecnología híbrida, más segura que la tradicional, permite reencender y recuperar los cohetes.



Fig. 1. Logotipo de Bisky Team.



Fig.2. Motor híbrido de la segunda generación.

A tal fin, cuentan con el apoyo de profesionales de empresas aeroespaciales y subcontratas –24 privadas y 13 institucionales-. Ante semejante desafío, el alumnado desarrolla capacidades transversales muy demandadas por las empresas, pero normalmente desatendidas por las asignaturas regulares. Como la asociación ha de funcionar autónomamente, nombran, a modo de una empresa: gerente, responsables de finanzas, comunicación, etc. Por tanto, las competencias transversales se ejercen de manera natural.

De otra parte, sus acciones ayudan a suscitar entre el alumnado de secundaria vocaciones científico-tecnológicas, y atraerlo a las tan necesitadas carreras de ingeniería.

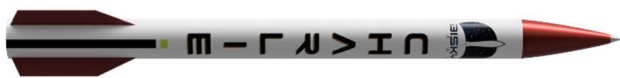


Fig. 3. Tercer cohete de combustible sólido.

### III. EL SISTEMA ELECTRÓNICO

Hasta el momento, parte del alumnado se ha encargado de la electrónica del cohete, que ha sido probada en los de combustión sólida, y del control. Más en concreto, una alumna está realizando su trabajo fin de máster, en Ingeniería de telecomunicación, sobre la parte electrónica del cohete.

Las funciones específicas del sistema han sido encomendadas a diferentes microcontroladores, lo cual permite aislar averías y hacer el diseño más expansible y flexible. Dichos microcontroladores se intercomunican a través de dos buses CAN, uno para los datos y el otro para control, mediante el protocolo CCP, desarrollado por BiSKY Team, a partir del CAN Aerospace. La Fig. 4 muestra su diagrama de bloques principal.

#### A. Los sensores

Este subsistema recoge los datos del módulo inercial MTi-7 GNSS/INS sobre velocidad, posición, aceleración, orientación, altitud y temperatura. El valor de la aceleración lo envía sin cesar, aunque truncado en el máximo de 16 g. Por

otro lado, han tenido que incorporar al MTi-7 un barómetro BMP280 y un módulo GNSS MAXM8 de Ublox, recomendados por el fabricante, Xsens. Este también proporciona un protocolo de comunicación de bajo nivel, Xbus, para programar el módulo. Los sensores entregan toda esta información a los algoritmos que anticipan el apogeo, y la altura de seguridad (de 1 km a 2) a la que abrir el paracaídas.

Suplementariamente, cabe sustituir el módulo inercial por un MTi-G-710 GNSS, que mide los mismos parámetros, pero con las ventajas de que admite aceleraciones de hasta 20 g, e integra el receptor GPS y el barómetro. También proporciona una interfaz de comunicaciones RS422 con el resto de la electrónica; en concreto, con el microcontrolador de esta sección de los sensores. A tal fin, se han insertado un transceptor RS-422 y un conector 9-pin Molex de 9 patillas, que se conecta al cable suministrado por el fabricante.

#### B. Recuperación

Esta sección se encarga de expulsar el sistema que recupera el cohete: 2 paracaídas, principal y de arrastre, y 4 aero-frenos. Lo logra mediante 8 canales detonantes que prenden la cerilla electrónica (e-cerilla), un ignífero que, mediante una corriente eléctrica, hace arder el compuesto combustible. Las e-cerillas, o detonadores, fuerzan a expulsar las escotillas que liberan los paracaídas, al ser prendidas por medio de un MOSFET de potencia. Como, al ser cortocircuitado, fuerza grandes corrientes que prenden el detonador, debe ser aislado del resto del sistema microcontrolado.

Por otro lado, un circuito detector de continuidad verifica que los detonadores estén bien conectados, y 4 actuadores lineales controlan con su movimiento los aero-frenos. Un integrado que crea puentes en H gobierna los actuadores lineales, escogidos según la corriente y tensión del motor. Los puentes H han sido ubicados en la parte aislada, puesto que podrían introducir ruido en el resto del sistema.

#### C. El almacén de datos

Una memoria SD graba localmente todos los datos recibidos de los otros subsistemas. A diferencia de una memoria Flash integrada, la SD permite leer más fácilmente los datos, una vez recuperado el cohete. Estos son enviados por un canal de telemetría a la estación terrestre, en la frecuencia de 2,4 GHz. Se encargan el módulo transceptor RC2500HPRC232 y una antena transmisora omnidireccional, con polarización circular a derechas.

#### D. El computador de vuelo

Este director de orquesta, a partir de los datos entregados por las otras secciones, esclavas, supervisa el vuelo, y actúa, cuando procede. A modo de ejemplo, recolecta los datos provenientes de los sensores y ordena a la sección de recuperación abrir los paracaídas. También sincroniza, a partir de una referencia de reloj externa, SI5351A-B-GTR, todos los microcontroladores de las otras secciones. Puesto que los relojes son isócronos, puede fechar eventos.

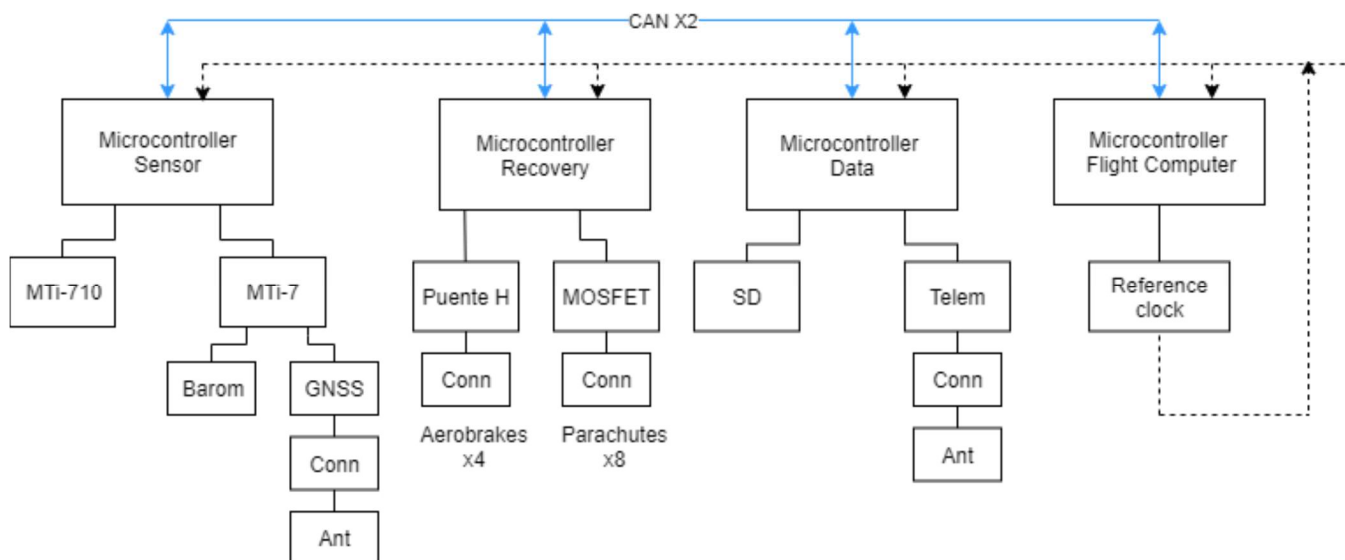


Fig. 4. Diagrama de bloques general del sistema.

#### IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Según el profesor Paricio [7], hacer del aprendizaje universitario un proceso no traumático y, a la vez, eficaz en cuanto a la adquisición de competencias requiere que cada estudiante viva al menos una “experiencia discente gratificante”. BiSKY Team aglutina a 49 estudiantes –de los que 10 son chicas– que, a su vez, han conseguido ser patrocinados por 37 empresas e instituciones. Llevan 2 cohetes lanzados, hasta 507 y 778 m, respectivamente, y un motor construido.

Como muestra del carácter multidisciplinar y complementario del equipo, estas son las titulaciones en las que estudian:

- Máster universitario en ingeniería industrial, 7, de los cuales, 2 cursan a la vez la especialización en Aeronáutica, y otro el grado de Física.
- Master en ciencia y tecnología espacial, 4.
- Máster universitario en ingeniería de telecomunicación, Master ingeniería mecánica y Máster en ingeniería de control, automatización y robótica, 1 en cada uno.
- Grado en ingeniería en tecnología industrial, 19.
- Grado en ingeniería en tecnología de telecomunicación, 3.
- Grado en ingeniería mecánica, 3.
- Doble grado: Física e Ingeniería electrónica, 2.
- Grado en Física, 2.
- Grado en ingeniería electrónica industrial y automática, 2.
- Grado en ingeniería informática de gestión y sistemas de información, Grado en administración y dirección de empresas, Grado en Economía y Grado en gestión de negocios, 1 en cada uno.

Se distribuyen según la siguiente estructura funcional –no todos están adscritos–:

- Capitana: 1

- Directiva: 8
- Jefes de proyecto: 3
- Administración: 1
- Electrónica: 7
- Propulsión: 9
- Estructura: 3
- Aerodinámica y recuperación: 7
- Control de vuelo y simulación: 7

El alumnado ha realizado todas las tareas, fabricado y montado los componentes en los laboratorios y el taller de la Escuela, excepto los siguientes –entre paréntesis, qué empresa o institución ha colaborado–:

- Aero-frenos, módulos de paracaídas y aviónica (Láser Norte)
- Unión exterior de los aero-frenos (Instituto de Formación Profesional Somorrostro)
- Pisos (Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica, CFAA)

#### REFERENCIAS

- [1] S. Jayaram, L. Boyer, J. George, K. Ravindra, and K. Mitchell, “Project-based introduction to aerospace engineering course: A model rocket,” *Acta Astronautica*, vol. 66, no. 9-10, pp. 1525–1533, May 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016%2Fj.actaastro.2009.10.038>
- [2] P. Nowakowski, A. Okninski, M. Pakosz, D. Cieslinski, B. Bartkowiak, and P. Wolanski, “Development of small solid rocket boosters for the ILR-33 sounding rocket,” *Acta Astronautica*, vol. 138, pp. 374–383, Sep. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016%2Fj.actaastro.2017.06.007>
- [3] A. Nylund and J.-E. Ronningen, “Technical and educational improvements of the student rocket program at NAROM and andøya rocket range,” *Acta Astronautica*, vol. 61, no. 1-6, pp. 506–513, Jun. 2007. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016%2Fj.actaastro.2007.01.058>
- [4] A. Okninski, B. Marciniak, B. Bartkowiak, D. Kaniewski, J. Matyszewski, J. Kindracki, and P. Wolanski, “Development of the polish small sounding rocket program,” *Acta Astronautica*, vol. 108,

- pp. 46–56, Mar. 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016%2Fj.actaastro.2014.12.001>
- [5] G. Pignolet, F. Cserep, M. Hallet, C. J. Piper, and G. S. James, "Availability status of motors for student experimental rockets," *Acta Astronautica*, vol. 17, no. 8, pp. 921–930, Aug. 1988. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016%2F0094-5765%2888%2990176-2>
- [6] [www.biskyteam.com](http://www.biskyteam.com)
- [7] Javier Paricio Royo, "¿Qué es lo importante? Factores para potenciar el éxito académico del alumnado en cursos y titulaciones", Servicio de Asesoramiento Educativo, 2015, UPV/EHU.