



IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, es una revista en formato digital que publica artículos relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje, a través de Internet y bajo la licencia Creative Commons.

IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, es una publicación seriada, gratuita y libre de ser impresa que cada seis meses divulga artículos científicos, propuestas didácticas y artículos de opinión sobre cuestiones relativas al mundo de la didáctica.

IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, asume como objetivo principal la difusión del conocimiento pedagógico y de metodologías didácticas que favorezca la expansión de prácticas de educativas efectivas.

IKASTORRATZA, e-Revista de Didáctica, es una revista bilingüe, abierta a propuestas de autores y autoras que deseen publicar trabajos inéditos tanto en euskara como en castellano.

# IKASTORRATZA. Didaktikarako e-aldizkaria

*IKASTORRATZA. e-journal on Didactics*

## IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica

ISSN: 1988-5911 (Online) Journal homepage: <http://www.ehu.es/ikastorratza/>

---

## e-Betez: una experiencia multidisciplinar y multicampus para integrar las bases de la sostenibilidad en el grado de ingeniería

Joseba Sainz de Murieta & Ortzi Akizu Gardoki

[joseba.sainzdemurieta@ehu.es](mailto:joseba.sainzdemurieta@ehu.es)

[ortzi.akizu@ehu.es](mailto:ortzi.akizu@ehu.es)

To cite this article:

Sainz de Murieta, J., & Akizu, O. (2016). e-Betez: na experiencia multidisciplinar y multicampus para integrar las bases de la sostenibilidad en el grado de ingeniería. *IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica*, 17, 111-126. Retrieved from [http://www.ehu.es/ikastorratza/17\\_alea/7.pdf](http://www.ehu.es/ikastorratza/17_alea/7.pdf)

To link to this article:

[http://www.ehu.es/ikastorratza/17\\_alea/7.pdf](http://www.ehu.es/ikastorratza/17_alea/7.pdf)

Published online: 20 Dic 2016

## **e-Betez: una experiencia multidisciplinar y multicampus para integrar las bases de la sostenibilidad en el grado de ingeniería**

### **e-Betez: a multidisciplinary and multi-campus experience to integrate the sustainability principles in engineering degrees**

**Joseba Sainz de Murieta<sup>2</sup>, Ortzi Akizu Gardoki<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> University of the Basque Country, Faculty of Technical Engineering of Bilbao  
*joseba.sainzdemurieta@ehu.eus*

<sup>2</sup> University of the Basque Country, Faculty of Technical Engineering of Vitoria-Gasteiz  
*ortzi.akizu@ehu.eus*

#### **Resumen**

En este artículo a modo de estudio de caso, se narra una experiencia alineada con los conceptos teóricos que se han visto en artículos anteriores de este mismo número de la revista Ikastorratza, impulsado desde Ingeniería Sin Fronteras País Vasco-Euskal Herriko Mugarik Gabeko Ingeniaritza (ISF/MGI).

El proyecto e-Betez se concibe como la primera fase de una iniciativa que busca fomentar el uso de las energías renovables impulsando el diseño y desarrollo de cargadores de dispositivos portátiles (móviles, PDA's, ordenadores portátiles,...) implementados bajo principios de conocimiento abierto que respondan a una función de incidencia y visibilización del compromiso de la UPV/EHU con la sostenibilidad.

Los desarrollos se realizaron a través de trabajo en equipo, itinerarios formativos y Trabajos Fin de Grado (TFG) de ocho estudiantes de grados de ingeniería de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz y las Secciones de Eibar y Donostia de la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa (dos por escuela), que trabajaron en grupos multidisciplinarios constituidos además por el profesorado solicitante del presente proyecto (e-Betez), ISF/MGI y la entonces denominada Asociación por la Soberanía Tecnológica de Euskadi BURUTEK.

Los desarrollos se realizaron bajo especificaciones de conocimiento abierto promoviendo que el conocimiento generado sea libre, replicable y pertinente en su contexto.

**Palabras clave:** multidisciplinar, multicampus, open source, sostenibilidad

## **Abstract**

This article presents an experience aligned with the concepts previously introduced in other articles of this Ikastorratza issue, promoted by Ingeniería Sin Fronteras País Vasco-Euskal Herriko Mugarik Gabeko Ingeniaritza (ISF/MGI).

The e-Betez project is conceived as the first phase of an initiative to promote the use of renewable energy driving the design and development of chargers of portable devices (mobile phones, PDAs, laptops, ...) implemented under the principles of open knowledge that respond a function of impact and visibility of the commitment of the UPV / EHU sustainability.

Project development was achieved by different means: teamwork, training programs, and Final-Year-Projects carried out by eight engineering students of the Faculty of Engineering of Bilbao, Faculty of Engineering of Vitoria-Gasteiz and the sections of Eibar and Donostia of the Faculty of Engineering of Gipuzkoa, who worked in multidisciplinary teams. This project was conducted by the professors of the different participant faculties, ISF/MGI (Engineers Without Borders) and BURUTEK (Association for Technological Sovereignty of Euskadi).

The developments was made under specifications of promoting open knowledge that the knowledge generated is free, replicable and relevant in context.

**Key words:** multidisciplinary, multi-campus, open source, sustainability

## **1. Contexto.**

Como se ha comentado también con anterioridad, en los últimos años son muchas las universidades que han impulsado acciones, proyectos y convocatorias en el área de la Cooperación Universitaria al Desarrollo, la responsabilidad social y la sostenibilidad, áreas todas estas vinculadas con la idea de una Universidad consciente de su papel como agente de transformación, interesada y preocupada por la formación de una ciudadanía global, y comprometida desde lo local con problemas de índole global.

Así, en 2013, la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) lanza su primera convocatoria de "Ayudas a proyectos de innovación en sostenibilidad de la UPV/EHU". Esta convocatoria surge de la Dirección de Sostenibilidad, en aquel entonces dependiente del Vicerrectorado de Responsabilidad Social (actualmente depende del vicerrectorado de Alumnado, Empleo y

Responsabilidad Social) y es de destacar la implicación que siempre ha tenido esta dirección así como su concepción amplia de la sostenibilidad (no sólo medioambiental sino también social y económica).

Por otra parte, la tipología y orientación de las acciones de Cooperación Universitaria al Desarrollo se ha ido también diversificando con la evolución del concepto y la naturaleza de la cooperación. Principalmente desde finales de los años 90 surge una redefinición del concepto de cooperación entendida esta entre países enriquecidos y países empobrecidos. Con el avance arrollador de la globalización neoliberal pierde sentido hablar de países del norte y países del sur, cuando es cada vez más evidente la gran cantidad de países del sur que existen en países denominados del norte (la desigualdad no ha parado de crecer y las tasas de pobreza en el seno de países ricos se ha disparado en los últimos años).

En este contexto se produce también un fenómeno de polarización de la producción y así, países con gran tradición industrial, ven cerrar sus factorías por haberse trasladado gran parte de su producción a países emergentes. En medio de este fenómeno y de debates acerca de cómo reindustrializar estas regiones, surgen ideas alternativas como por ejemplo el proyecto norteamericano Open Source Ecology (OSE).

Este proyecto norteamericano nace en 2003 y tiene como fin la creación de una empresa de distribución de lo que han llamado Global Village Construction Set. Una empresa abierta y colaborativa con transparencia total (estrategia, gestión, organización, conocimiento,...) que se encuentra desarrollando y documentando 50 máquinas industriales llevadas a cabo mediante el procomún (generando beneficio de provecho común en la sociedad) de conocimiento libre. La idea es que cualquier persona pueda usarlas, aprender a fabricarlas y por tanto acelerar los procesos de innovación eliminando el freno de la competitividad (en la actualidad, muchas empresas gastan más esfuerzos en proteger su conocimiento que en la investigación y el desarrollo). (Jakubowski, 2003)

Este proyecto sirve como inspiración para, desde ISF/MGI, presentarse a la convocatoria anteriormente mencionada y poner en marcha un proyecto, mucho menos ambicioso que el anteriormente comentado OSE, pero de características similares y compartiendo su misma filosofía.

Esta filosofía, además de tremendamente interesante, interpela a las bases del actual

sistema de ciencia y tecnología ya que, entre otras cosas, pone en tela de juicio la propiedad intelectual y aboga por un sistema en el que el negocio se realice en base a los servicios y no en base a los conocimientos, siendo estos últimos propiedad universal de todas las personas. (A. Powell, 2012).

Si bien la cultura open source quizás no sea suficiente para transformar el actual sistema de producción y transmisión del conocimiento, sí se considera necesaria como crítica al sistema dominante que aboga por la protección, registro y monetarización del conocimiento. (A. B. Powell, 2015) y es también una interesante visión alternativa al modelo de producción y difusión del conocimiento científico tan en boga en los entornos académicos en los que las publicaciones, las revistas, las citaciones y los rankings (en manos muchas veces de "lobbies" del conocimiento científico) se han convertido en el paradigma de la excelencia. Cabe destacar aquí como también está surgiendo en los últimos años un movimiento muy interesante que promueve una libre difusión del conocimiento científico y al que se están adhiriendo personas investigadoras y evaluadoras de varios países. (Science Commons, 2005)

Una de las bases y de los potenciales de los desarrollo open source es también la interdisciplinaridad. Mientras que el modelo de enseñanza universitaria en los grados técnicos, ingeniería y arquitectura, ha sido y sigue siendo tremendamente monodisciplinar, y estanco en lo que se refiere a relaciones entre diferentes universidades e incluso entre diferentes campus de la misma universidad.

Para poder avanzar en un conocimiento técnico cada vez más profundo, una especialización en cada disciplina parece ser la única solución. Esto implica unas enseñanzas de carácter vertical, se recomienda en cada grado en general, y a cada profesor/alumno en particular, que avancen en un pequeño rango de ciencia, donde puedan convertirse “en los mejores de su área de conocimiento”. Así nace el pensamiento monodisciplinar, con un enfoque predominantemente utilitarista y concebido para sobrevivir en una sociedad basada en la competitividad.

De la misma forma, coincidiendo con un pensamiento competitivo, nacen las barreras a la transferencia de conocimiento. El poder ser únicos/as en resolver un problema científico, cobra más valor que el hecho mismo de resolverlo. Es por ello que las comunicaciones entre diferentes universidades son reducidas.

Este proyecto pretende romper con estas dos dinámicas de aislamiento, para poder

afrontar los retos técnicos que solicita la sociedad de una forma colaborativa. El objetivo es que “una vez que se haya resuelto un problema nunca más suponga un incógnita para otra persona”, sino que las soluciones se puedan llegar a compartir y se pueda seguir avanzando. Es una propuesta en definitiva de replantearse la función educativa desde criterios de sostenibilización curricular. (UNESCO, 2015)

## **2. El proyecto.**

El proyecto e-Betez surgió como un proyecto donde alumnado y profesorado pudieran trabajar de forma conjunta, para avanzar resolviendo problemas de una forma diferente, poniendo en marcha procesos de trabajo colaborativos y multidisciplinares, a través de actividades intercampus y con la implicación de diferentes grados. En el proyecto se decidió tomar como problema principal “el abastecimiento energético de dispositivos electrónicos a través de desarrollos de bajo coste, basados en energías renovables”.

En concreto, se buscaba fomentar el uso de las energías renovables impulsando la instalación en distintas escuelas de la UPV/EHU de puntos de carga de dispositivos portátiles (móviles, PDA's, ordenadores portátiles,...) desarrollados bajo principios de conocimiento abierto. (Awazu & Desouza, 2004)

La energía suministrada en estos puntos de carga provendría de energías renovables y se realizaría a través de prototipos desarrollados en las distintas escuelas de ingeniería de la UPV/EHU. Estos puntos de suministro, a su vez, responderían también a una función de incidencia y visibilización del compromiso de la UPV/EHU con la sostenibilidad.

Los prototipos se desarrollaron a través de Trabajos Fin de Grado de alumnado de las distintas escuelas de ingeniería de la UPV/EHU, ocho estudiantes de los diferentes grados de ingeniería de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz y las Secciones de Eibar y Donostia de la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa (dos por escuela), que trabajaron en grupos multidisciplinares constituidos además por el profesorado solicitante del presente proyecto, la asociación universitaria ISF/MGI y BURUTEK.

El proyecto se presentó a dos convocatorias consecutivas de la dirección de sostenibilidad de la UPV/EHU dependiente del área de responsabilidad social "Ayudas a proyectos de innovación en sostenibilidad de la UPV/EHU", en la primera convocatoria se desarrollan los dispositivos basados en energía solar y en la segunda fase basados en energía eólica.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> En la segunda fase, habiéndose reducido la financiación y ante la dificultad de coordinación entre cuatro escuelas de ingeniería situadas en territorios diferentes, se reduce el ámbito a dos escuelas, la de Bilbao y la de Vitoria-Gasteiz.

### 3. Justificación.

Desde las primeras identificaciones y concepciones del proyecto se considera prioritario que éste se encuentre alineado con el Plan Estratégico 2012-2017 de la UPV/EHU, especialmente en tres de los cinco que marca el plan; ejes que se consideran pilares fundamentales de la función de la Universidad: la formación (eje 1, del Plan Estratégico 2012-2017) , la investigación (eje 2, del Plan Estratégico 2012-2017) y el compromiso social (eje 5, del Plan Estratégico 2012-2017).

En el eje de **formación**, se hace referencia explícita a la consolidación de una formación de calidad, abierta e innovadora a partir de un modelo formativo propio, cooperativo y multilingüe. Una de las acciones propuestas, en concreto la acción novena, determina la necesidad de potenciar espacios de aprendizaje colaborativo e interdisciplinar en los que se trabaje en estrecha colaboración tanto con el mundo empresarial como con agentes sociales.

En el eje de la **investigación**, se cita la necesidad de realizar una investigación acorde con los intereses de la sociedad, cuya transferencia contribuya a un desarrollo social más justo, sostenible y equitativo, a un mayor bienestar social, a la creación de nuevas empresas públicas y privadas y entidades sociales que promueven una economía al servicio de las personas y su entorno. Y se hace mención también en la sexta acción a la valorización de los resultados de investigación y la cultura del emprendimiento así como su transferencia al entorno social, potenciando las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación.

Por último, en el eje dedicado al **compromiso social**, se habla de generar espacios comunes de diálogo social, de encuentro para la reflexión y el debate, con la finalidad de promover nuevas vías que permitan aumentar su implicación social; de construir conocimiento con un claro compromiso ético y de responsabilidad social, como agente clave en la formación de las nuevas generaciones de ciudadanos y ciudadanas y referente en la creación de opinión; y de implicar a la comunidad universitaria más activamente en los problemas sociales y culturales de su entorno. En este mismo eje, se detallan tres acciones que guían también los resultados del proyecto que aquí se relata. En la acción sexta se habla de promover la educación para la sostenibilidad, la igualdad y el desarrollo a través de su inclusión en el curriculum universitario, en su vertiente formativa e investigadora; en la acción séptima de concienciar de la necesidad del

respeto al medioambiente y los recursos naturales, implementando las acciones necesarias para que la universidad sea sostenible en su funcionamiento, impulsando modelos respetuosos con el entorno y estimulando valores ambientales; y en la octava de fortalecer las estructuras de cooperación, igualdad, voluntariado y sostenibilidad, potenciando la creación de nuevos medios de coordinación e impulsando su reconocimiento en toda la actividad universitaria.

### **3.1 Formación.**

Ante la dificultad de actuar directamente sobre los contenidos curriculares de los planes de estudio establecidos, los Trabajos Fin de Grado se presentan como una oportunidad para transversalizar e incorporar la sostenibilidad en los planes de estudio de los grados en general y de los grados en ingeniería en particular.

Avanzar en la formación de la Universidad hacia una Educación para el Desarrollo Sostenible significa incorporar nuevos contenidos, pero también y sobre todo, significa llevar a cabo transformaciones en la forma de entender la docencia, transformaciones de los procesos de enseñanza aprendizaje, facilitación de espacios abiertos y participativos de encuentro e innovación entre agentes sociales e impulso de nuevas metodologías que pongan su foco en una sociedad más justa, equitativa y corresponsable con las personas y el medio ambiente. (Wiek & Iwaniec, 2014)

El movimiento Open Source Ecology (OSE) bajo cuya misión, visión y valores se realiza este proyecto, persigue esto mismo: la soberanía tecnológica se concibe indispensable para el logro del resto de soberanías, para generar energía, para cultivar alimentos, para desarrollar un sistema sanitario, para crear una red de comunicaciones... y para todo el resto de necesidades.

Una tecnología abierta que sirva de puente entre lo local y lo global, replicable, de bajo coste, respetuosa con el medio ambiente y desarrollada con recursos locales.

La propia concepción de este proyecto supone una ruptura para dar el salto desde la actual tendencia de privatización y compartimentación del conocimiento hacia comunidades de conocimiento abierto y cooperativo. (Mulder, Segalàs, & Ferrer-Balas, 2012)

Llevar a cabo esta iniciativa en las escuelas de ingeniería de la UPV/EHU, llevándola además a la práctica con la temática de las energías renovables y relacionándola con los dispositivos electrónicos portátiles y con otros aspectos transversales como la



electrónica ética puede ser una interesante vía estratégica para ir poco a poco incorporando en estas escuelas otra forma de hacer ingeniería.

En relación con este eje de formación, destacar también como este proyecto se encuentra alineado con el trabajo que ha desarrollado ISF/MGI en la UPV-EHU durante los últimos años. Este trabajo, además de otras acciones y proyectos, ha consistido fundamentalmente en impartir formación en cooperación. ISF/MGI ha organizado en dieciocho ocasiones el “Curso de Introducción a la Cooperación y Tecnología para el Desarrollo Humano” (en los campus de Bizkaia, Araba y Gipuzkoa), buscando despertar una mirada crítica sobre las tecnologías y el desarrollo entre el alumnado de las escuelas técnicas de la UPV/EHU. Ha organizado también en 15 ocasiones el “Seminario sobre Desarrollo, Cooperación y Tecnología”, en el que se profundiza sobre las tecnologías para el Desarrollo Humano y ha organizado numerosas jornadas y encuentros en los que debatir las relaciones entre la tecnología, el Desarrollo Humano y la sociedad.

### ***3.2. Investigación.***

La incorporación de la metodología OSE supondrá necesariamente que el alumnado participante comience ya en su fase final del grado a tener que desarrollar capacidades investigadoras propias de niveles educativos superiores.

Incorporar estas maneras de recopilar, documentar y difundir la información y el conocimiento generado es también una forma de incidir sobre el necesario cambio que debe darse en la concepción de la investigación si realmente se quieren dar pasos hacia una socialización del conocimiento y hacia una investigación y un desempeño profesional ético, responsable y sostenible. (Blume et al., 2015)

Por otra parte, el propio proyecto que aquí se plantea, es en sí mismo un proyecto de Investigación Acción Participativa (IAP) que podría ser replicable con otras temáticas y que supondría un cambio en la forma clásica de entender los proyectos de investigación. La IAP es un "método de investigación y aprendizaje colectivo de la realidad, basado en un análisis crítico con la participación activa de los grupos implicados, que se orienta a estimular la práctica transformadora y el cambio social." (Perez de Armiño, 2000). Es un proceso que combina la teoría y la práctica, y que posibilita el aprendizaje, la toma de conciencia crítica de la población sobre su realidad, su empoderamiento, el refuerzo y ampliación de sus redes sociales, su movilización colectiva y su acción

transformadora.

En cada proyecto de IAP, sus tres componentes se combinan en proporciones variables:

a) La investigación consiste en un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que tiene por finalidad estudiar algún aspecto de la realidad con una expresa finalidad práctica. b) La acción no sólo es la finalidad última de la investigación, sino que ella misma representa una fuente de conocimiento, al tiempo que la propia realización del estudio es en sí una forma de intervención. c) La participación significa que en el proceso están involucrados no sólo los y las investigadoras profesionales, sino la comunidad destinataria del proyecto, que no es considerada como simple objeto de investigación sino como sujetos activos que contribuyen a conocer y transformar su propia realidad. (Chevalier & Buckles, 2013)

### ***3.3. Compromiso social.***

Este proyecto, contó con la colaboración de la asociación por la soberanía tecnológica de Euskadi (BURUTEK) y ha pretendido desde su inicio despertar el interés de agentes universitarios y sociales interesados en el desarrollo local, en actividades de emprendizaje y de transferencia del conocimiento.

En este eje de compromiso social, también ISF/MGI ha venido desarrollando diversas actividades durante los últimos años como por ejemplo la celebración anual de unas jornadas que, bajo el epígrafe de “Jornadas Tecnología, Desarrollo y Sociedad” cada año se han centrado en una temática concreta: Educación para el Desarrollo, Investigación para el Desarrollo, Género y Tecnología y Tecnología y Diversidad Cultural.

Por otra parte, ISF/MGI dinamiza también el Programa de Trabajos Fin de Grado (TFG) -antes Proyectos Fin de Carrera- en Cooperación al Desarrollo junto a la Oficina de Cooperación al Desarrollo de la UPV/EHU desde su puesta en marcha en el curso 2006/2007. Apoya a las ONGD a la hora de identificar aquellas necesidades (“problemas técnicos”) de sus proyectos de cooperación o de su funcionamiento organizacional que pudieran ser abordados mediante uno o varios TFG y pone en contacto a éstas con estudiantes capaces de resolver dichas necesidades. Colabora también a la hora de localizar docentes que dirijan dichos proyectos y asesora al alumnado durante todo el proceso de realización de TFG en cooperación ofreciendo formación sobre cooperación y tecnologías para el desarrollo humano al alumnado

interesado en hacer su TFG en Cooperación al Desarrollo y al profesorado interesado en dirigir este tipo de trabajos.

La visibilización de los resultados de este proyecto en los diferentes campus de la UPV/EHU buscará también implicar a la comunidad universitaria de forma más activa en los actuales problemas de la sociedad derivados del uso y control de la energía y se desarrollarán acciones que contribuyan a crear debates en torno a nuestra responsabilidad como Universidad en la consecución de una sostenibilidad medioambiental, social, económica y cultural.

Además de este alineamiento con las tres dimensiones básicas de la Universidad, el carácter abierto de este proyecto persigue también promover la replicabilidad de la iniciativa a otros centros y, haciendo uso de la red federal de ISF/MGI, a otras universidades y organizaciones sociales del estado. Este tipo de metodologías servirá también para explorar la posibilidad de replicar esta experiencia en Universidades del Sur, adaptando el tipo de metodologías utilizadas, intercambiando conocimiento y potenciando futuros trabajos en red.

#### **4. Metodología**

El proyecto surge de ISF/MGI y comienza con varias reuniones de profesorado vinculado en mayor o menor medida con esta ONGD y asociación universitaria. Se incorpora también al proyecto la persona impulsora de la asociación BURUTEK, Tomás Tamayo.

Se formula el proyecto y se presenta a la convocatoria de "ayudas a proyectos de innovación en sostenibilidad de la UPV/EHU" obteniéndose así la financiación necesaria para poder iniciar el proyecto.

Se decide trabajar con las tres escuelas de ingeniería de la UPV/EHU: la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz y las secciones de Eibar y Donostia de la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa.

. De cada una de estas escuelas se seleccionan dos estudiantes de las especialidades de Electrónica y Automática Industrial, Electricidad, Energías Renovables y Mecánica. Este alumnado realizará su TFG en el marco de este proyecto. Así mismo, se decide comenzar el primer año trabajando desarrollos basados en energía solar fotovoltaica, dejando para la posterior convocatoria los desarrollos basados en energía eólica.

El trabajo comienza estableciendo una dinámica de reuniones semanales en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Eibar (es la que se encuentra geográficamente en el punto medio de las cuatro escuelas). En estas reuniones se llevan a cabo dinámicas grupales, formación interdisciplinar y formación específica sobre open source, electrónica ética y metodología de trabajo cooperativo.

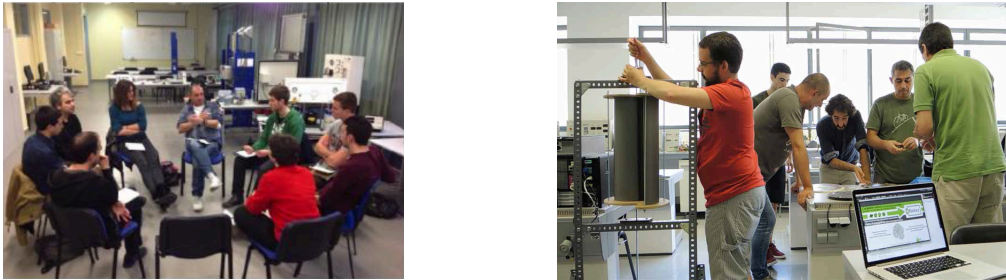


Figura. 1. Reunión del grupo de profesorado y alumnado de e-Betez

En las primeras fases del proyecto se realiza una puesta común de expectativas, conocimientos y necesidades y se sigue con una revisión del estado del arte y de los marcos teóricos implicados en el proyecto.

Tras las primeras reuniones, el grupo decide centrarse en la tecnología fotovoltaica y dejar la energía eólica para la convocatoria posterior. Una vez decidido esto, el grupo comienza a poner en común sus conocimientos y se van definiendo, diseñando y desarrollando los diferentes componentes (eléctrico, electrónico y mecánico) de los prototipos.

Durante esta fase, a modo de devolución de resultados, el grupo organiza un taller dirigido al alumnado en el que, los alumnos y alumnas de e-betez, comparten con sus compañeros y compañeras lo aprendido en cuanto a hardware libre durante este proyecto.



Figura. 2. Taller sobre hardware libre impartido por el alumnado del grupo e-Betez

A partir de los tres primeros meses, comienzan a surgir los primeros prototipos y el grupo comienza a celebrar reuniones monográficas en las que tratar aspectos concretos de los mismos.

Finalmente se decide desarrollar cuatro prototipos contruidos mediante tecnología de impresión 3D, desarrollando la parte mecánica y de diseño industrial en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Vitoria-Gasteiz y las placas de control eléctrico y electrónico en el resto de escuelas.



Figura.3. Dos de los prototipos en la fase de diseño 3D

Estos prototipos, junto con los desarrollos de los circuitos de control basados en hardware libre, constituyeron los primeros Trabajos Fin de Grado que resultaron de esta primera fase del proyecto.

En la segunda fase, se constituyó un nuevo equipo de alumnado, en este caso únicamente de las escuelas de Vitoria-Gasteiz y de Bilbao, y se siguió un proceso análogo, pero en este caso eligiendo la energía eólica como eje central.

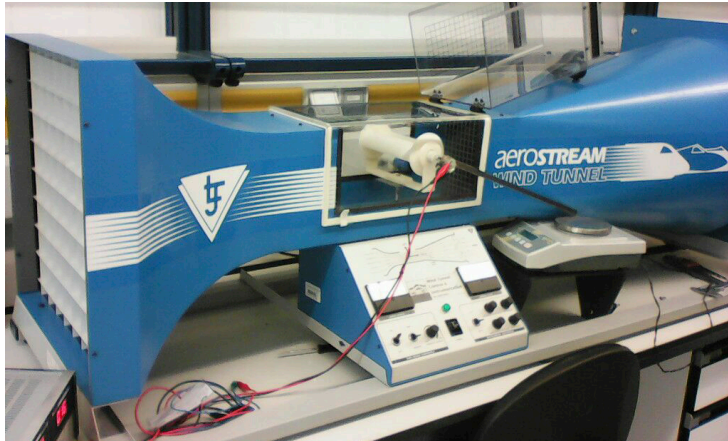


Figura. 4. Pruebas en túnel de viento de una de las turbinas eólicas desarrolladas mediante impresión 3D

Se desarrollaron varias turbinas a escala mediante técnicas de diseño e impresión 3D que permitieran ser sometidas a pruebas en los túneles de viento de los que se disponían en las escuelas implicadas. Así mismo, se desarrollo un modelo de mayor tamaño siguiendo las ecuaciones de Sabonius y empleando para ello materiales reciclados, de acuerdo a los objetivos de replicabilidad y bajo coste de los diseño.

Junto con el alumnado implicado, se decidió también, realizar un desarrollo de generador eléctrico de flujo axial que tuviera un componente didáctico, que pudiera ser realizado fácilmente y por bajo coste y que permitiera contrastar la teoría electromagnética con la práctica.

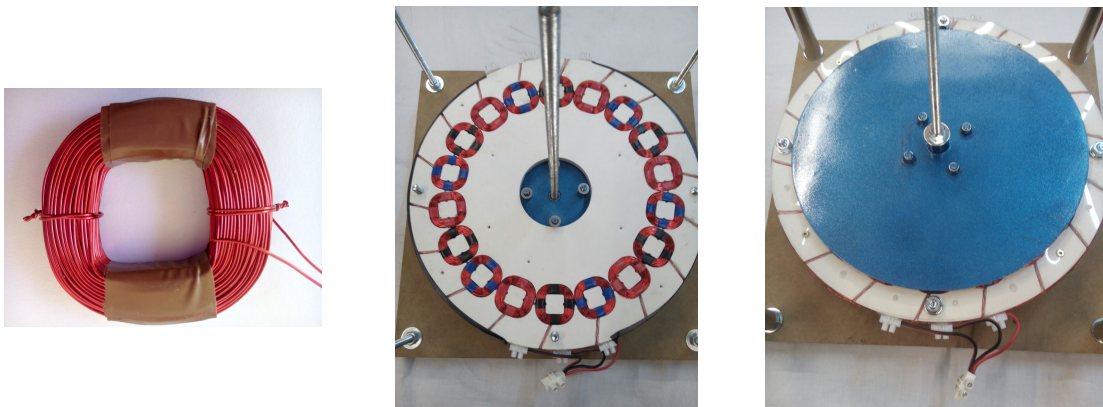


Figura. 5. Generador trifásico de imanes permanentes desarrollado en el marco del proyecto.

En la actualidad, continúan tres de los estudiantes del proyecto finalizando sus estudios de grado y realizando sus TFG en el marco de este proyecto.

## 5. Resultados.

Si bien este es un proyecto que continúa vivo, la experiencia durante estos dos cursos, permite apuntar ya algunos resultados en distintas dimensiones:

En la **dimensión pedagógica**, este proyecto ha permitido testear dinámicas de emprendizaje y de trabajo cooperativo que, si bien están bastante implantadas en otras universidades de Estados Unidos y Europa, no son muy comunes en nuestras universidades. Así mismo, estas técnicas están cada vez más en uso en grupos de co-working, science shops y grupos de IAP.

La creación de estos grupos de trabajo funcionando bajo claves cooperativas y abiertas ha tenido también una **dimensión política** en el sentido de potenciar que estas experiencias se repliquen y se expandan en otros lugares, ya que el alumnado se ha demostrado empoderado del proceso y, como en el caso de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao ha reclamado y conseguido espacios propios dentro de la Universidad en los que trabajar, investigar y desarrollar bajo claves Open Source.

Desde una **dimensión de sensibilización**, esta metodología de trabajo y estos desarrollos de dispositivos han sido llevados a dos jornadas organizadas por la dirección de sostenibilidad de la UPV/EHU, los TFG realizados hasta la fecha han sido publicados en abierto en la plataforma dispuesta a tal efecto por la UPV/EHU y la experiencia ha participado en las dos primeras ediciones de la "Jornada y Exposición de Ingeniería Sostenible" organizada durante los dos últimos cursos por la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Así mismo, se espera poder realizar en los próximos años una exposición monográfica en la que puedan verse todos los prototipos funcionales desarrollados.





Figura. 6. Material de difusión para jornadas, eventos, publicaciones y congresos.

Siendo como era el objetivo general de este proyecto “Contribuir al desarrollo una cultura tecnológica abierta y colaborativa que impulse el uso de las energías renovables en la UPV/EHU”, en este sentido y atendiendo a criterios tales como implicación del alumnado, aprendizajes realizados, actividades académicas de formación y de difusión llevadas a cabo, etc. la valoración del proyecto es muy positiva y se puede afirmar que se ha contribuido efectivamente a la consecución del objetivo fijado.

## 6. Bibliografía

- Awazu, Y., & Desouza, K. C. (2004). Open knowledge management: Lessons from the open source revolution. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 55(11), 1016–1019. doi: 10.1002/asi.20050
- Blume, S., Madanchi, N., Böhme, S., Posselt, G., Thiede, S., & Herrmann, C. (2015). Die Lernfabrik – Research-based Learning for Sustainable Production Engineering. *Procedia CIRP*, 32, 126–131. doi: 10.1016/j.procir.2015.02.113
- Chevalier, J. M., & Buckles, D. (2013). *Participatory action research: Theory and methods for engaged inquiry*. Routledge.
- Jakubowski, M. (2003) Open Source Ecology [Online]. Available from: <http://opensourceecology.org/> [Accessed 02 May 2016].
- Perez de Armiño, K. (2000) *Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo*. Barcelona: Icaria y HEGO.



Science Commons. (2005) Science Commons [Online]. Available from: <http://sciencecommons.org>.

Mulder, K. F., Segalàs, J., & Ferrer-Balas, D. (2012). How to educate engineers for/in sustainable development: Ten years of discussion, remaining challenges. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(3), 211–218. doi: 10.1108/14676371211242535

Powell, A. (2012). Democratizing production through open source knowledge: from open software to open hardware. *Media, Culture & Society*, 34(6), 691–708. doi: 10.1177/0163443712449497

Powell, A. B. (2015). Open culture and innovation: integrating knowledge across boundaries. *Media, Culture & Society*, 37(3), 376–393. doi: 10.1177/0163443714567169

UNESCO. (2015) *Rethinking Education. Towards a global common good?* Paris.

Wiek, A., & Iwaniec, D. (2014). Quality criteria for visions and visioning in sustainability science. *Sustainability Science*, 9(4), 497–512. doi: 10.1007/s11625-013-0208-6