

INTRODUCIENDO SOSTENIBILIDAD Y MULTIDISCIPLINARIDAD EN LOS GRADOS DE INGENIERÍA

I. Calvo^{1*}, J.M. Gil-García², E. Carrascal¹, A. Armentia¹, O. Barambones¹, X. Basogain¹, J.M. González², T. Rico¹, C. Escudero³, I. Tazo³, A. Mesanza⁴, A.J. García-Adeva⁵, E. Apañaniz⁵

¹ Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática, UPV/EHU

² Dpto. Tecnología Electrónica, UPV/EHU

³ Dpto. Ingeniería Energética, UPV/EHU

⁴ Dpto. Ing. Minera y Metalúrgica. Ciencia de los Materiales, UPV/EHU

⁵ Dpto. Física Aplicada I, UPV/EHU

{isidro.calvo, jm.gil-garcia, edorta.carrascal, aintzane.armentia, oscar.barambones, xabier.basogain, josemanuel.gonzalezp, teodoro.rico, cesar.escudero, mariainmaculada.tazo, amaia.mesanza, angel.garcia-adeva, estibaliz.apinaniz}@ehu.eus

Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (UPV/EHU)

*Correspondencia: isidro.calvo@ehu.eus

Resumen

Este trabajo presenta el diseño de una experiencia docente en el ámbito de la sostenibilidad que se está llevando a cabo en el grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU (EIVG). Se plantea un problema que experimenta directamente el alumnado, consistente en optimizar el grado de confort térmico en el edificio de la EIVG y al mismo tiempo reducir el gasto energético. Este problema se analizará en diferentes asignaturas del grado desde múltiples perspectivas y permitirá construir un hilo conductor para: (1) presentar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), (2) concienciar de su importancia al alumnado y presentar acciones concretas, (3) analizar un problema de forma multidisciplinar y (4) visualizar cómo aplicar los conocimientos adquiridos en los futuros retos profesionales. La experiencia docente se realizará por medio de acciones que aplicarán metodologías activas en diferentes asignaturas, que cubren todos los cursos del grado, incluyendo opcionalmente los TFGs.

Palabras clave: ODS, sostenibilidad, metodologías activas, optimización energética en edificios, multidisciplinariedad, educación en automática

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el concepto de sostenibilidad está adquiriendo gran relevancia, a pesar de que ya fue identificado en los años 70. Por ejemplo, ya en 1972, en *The limits of Growth* [1] se desarrolló la idea de que

los recursos de nuestro planeta estarían siendo malgastados lo cual limitaría el desarrollo de la sociedad actual y futura. Más recientemente, se definió el desarrollo sostenible de la siguiente manera:

The development which meets the needs of the present without compromising the ability of the future to meet our needs, ensuring that mankind's use of natural resources and cycles will not lead to reducing the quality of life [2].

La creciente relevancia del desarrollo sostenible está causando que un número cada vez mayor de instituciones educativas estén empezando a introducir temas relacionados con ello en el curriculum. Además, se ha comprobado que el desarrollo sostenible es un problema eminentemente multidisciplinar. De hecho, en algunos estudios se considera como una meta-disciplina dado que requiere combinar enfoques de diferentes disciplinas que involucran aspectos sociales, económicos, científicos, así como la implantación de soluciones de ingeniería [3].

Para conseguir estos objetivos, se deben adecuar los currículums de las universidades introduciendo el concepto de sostenibilidad y concienciando al alumnado para que pueda tomar un rol más activo en el diseño de soluciones. Las competencias clave de cara a mejorar la sostenibilidad en la educación han sido descritas en [4]. Entre otras características se ha identificado la necesidad de introducir enfoques más multidisciplinarios [3]. Algunos estudios, [5], recomiendan centrarse en los siguientes aspectos: (1) colaboración entre diferentes universidades, (2) fomentar la multidisciplinariedad y (3) crear experiencias dentro de los centros universitarios que permitan ilustrar los problemas y posibles soluciones.

En consecuencia, se espera que se vayan introduciendo en los currículos universitarios oportunidades para que el alumnado aprenda y practique estas competencias en situaciones de la vida cotidiana. Este enfoque requiere romper con el enfoque docente tradicional, basado en la impartición de clases magistrales y compartimentación del conocimiento en asignaturas.

Esta situación es especialmente acuciante en el caso de los estudios de ingeniería, dado que el futuro ejercicio de su profesión requerirá incluir la sostenibilidad como un criterio a la hora de diseñar soluciones de ingeniería. De hecho, en la Declaración de Barcelona [6], se propone que la educación de los/as futuros/as ingenieros/as debe ser multidisciplinar, holística, orientada a sistemas y que, además, debe fomentar el pensamiento crítico y la participación.

Por otro lado, una de las misiones principales de las Escuelas de Ingeniería debería consistir en preparar al alumnado para especificar, diseñar y validar sistemas interactuando con otros/as profesionales, siendo el diseño una de las tareas más relevantes [7]. Las metodologías activas, han demostrado su eficacia para motivar al alumnado, conseguir un aprendizaje más profundo y ayudar al alumnado a retener mejor el conocimiento [7-10]. La aplicación de estas metodologías está permitiendo cambiar el currículum hacia una educación orientada a la acción e implementar pedagogías de aprendizaje basadas en la experiencia y más centradas en el alumnado, constructivas y transformadoras [11-13]. Se ha comprobado que las metodologías activas mejoran en el alumnado: motivación, conocimiento, colaboración, capacidad de resolver problemas, comunicación, pensamiento crítico y capacidad de autoaprendizaje [14-16].

En algunos trabajos se ha evaluado las sinergias entre las metodologías activas, fundamentalmente Problem Based Learning (PBL), y la educación en sostenibilidad [17, 18]. En general, se ha comprobado que la aplicación de este tipo de metodologías resulta adecuada para introducir la sostenibilidad en los programas educativos. Además, se ha comprobado que la metodología PBL obtiene mejores resultados cuando los problemas propuestos son cercanos y experimentados directamente por el alumnado [14].

En este escenario, algunas instituciones universitarias han introducido diferentes convocatorias de proyectos que pretenden fomentar el diseño de un currículum que incluya la sostenibilidad a través de metodologías activas. En el caso de la UPV/EHU, la iniciativa i3KD Laborategia busca contribuir a lograr los objetivos para el desarrollo sostenible a través de la innovación docente.

Este trabajo, realizado en el marco de un proyecto i3KD, busca consolidar el desarrollo de competencias relacionadas con la sostenibilidad dentro de un grado, concretamente en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, impartido en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Para tal fin, se ha diseñado un itinerario reconocible y escalonado en el tiempo en torno a un reto vinculado con los ODS utilizando, en lo posible metodologías activas.

Dado que la literatura recomienda escoger problemas cercanos al alumnado, se ha seleccionado el problema de evaluar el grado de confort térmico y analizar medidas que permitan reducir el gasto energético en la EIVG. Este problema, que hace de hilo conductor, ha sido analizado por diferentes autores/as y ha demostrado resultar muy multidisciplinar [19, 20]. Así, se propone analizar este problema desde varias perspectivas e identificar posibles soluciones parciales que podrían implementarse. El alumnado recorrerá un itinerario de asignaturas a lo largo de los cuatro cursos del grado donde se analizará el mismo problema desde diferentes puntos de vista. Uno de los objetivos es romper la compartimentación del conocimiento en asignaturas y permitir crear conexiones entre los conocimientos adquiridos. Además, estas soluciones parciales servirían como punto de partida para que el alumnado desarrolle el TFG en esta temática, o incluso plantear cómo se realizaría el desarrollo de productos comerciales que pudiesen implantarse por empresas del entorno [21].

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 describe la motivación de la propuesta y presenta la descripción general de la actividad. La sección 3 describe el itinerario educativo. Finalmente, la sección 4 resume las principales aportaciones del trabajo y presenta las líneas de trabajo futuro.

2 MOTIVACIÓN DE LA PROPUESTA

La idea de plantear la aplicación de metodologías activas para fomentar la introducción de los ODS parte de dos proyectos orientados a mejorar la sostenibilidad de la UPV/EHU, en el marco del programa Campus Bizia Lab (CBL). Estos proyectos se titulan respectivamente: “Optimización del consumo de energía para climatización en la EIVG (2019)” e “Implementación de medidas para la optimización del consumo de energía para la climatización en la EIVG (2021)”. Ambos proyectos buscan optimizar el consumo de energía para la climatización, incluir criterios de sostenibilidad en la modernización de los edificios existentes y contribuir al incremento de la calidad de vida del campus, ya que la adecuada gestión y uso de los sistemas de climatización permiten

reducir en más de un 40% el consumo de energía primaria. Estos proyectos analizan el problema de mantener el confort térmico y a la vez reducir el gasto energético en el edificio de la EIVG. El alumnado experimenta este problema fundamentalmente en invierno, ya que en algunas ubicaciones se produce incomodidad por tener una temperatura muy elevada, mientras que en otras se produce incomodidad por lo contrario. Además, este problema ocasiona un consumo inadecuado de energía con el consiguiente impacto económico y en la sostenibilidad.

Concretamente, se busca analizar y mejorar la sostenibilidad del edificio de la EIVG y para ello se plantean las siguientes acciones: (1) analizar el gasto energético; (2) evaluar el confort térmico; (3) reducir consumos innecesarios; (4) concienciar a la comunidad universitaria y (5) proponer acciones concretas que puedan ser exportables a otros edificios públicos.

Por otro lado, las metodologías activas (Problem-project Based Learning/Challenge Based Learning/Research Based Learning) permiten conseguir un aprendizaje más profundo, cuando el alumnado analiza problemas reales y aplica los conocimientos adquiridos para desarrollar soluciones concretas.

En este escenario, los autores consideran que el análisis del problema propuesto y las acciones a llevar a cabo son un excelente ejemplo para desarrollar en la docencia de grado a través de metodologías activas. Las razones fundamentales que justifican la elección del problema son: (1) se trata de un problema real, (2) cercano al alumnado, (3) que requiere ser analizado desde diferentes puntos de vista y (4) que requiere soluciones multidisciplinarias. Además, se consigue que el alumnado de la EIVG, y en general toda la comunidad universitaria:

1. Conozca los ODS y su relevancia
2. Sea consciente de la necesidad de realizar un gasto energético adecuado.
3. Analice los diferentes aspectos de un problema real: optimizar el gasto energético del edificio.
4. Reflexione acerca de cómo los conocimientos adquiridos a lo largo del grado pueden ser útiles para contribuir a desarrollar un mundo más sostenible.
5. Visualice que mejorar la sostenibilidad puede constituir su futuro profesional.

Por tanto, se utilizará el problema planteado como hilo conductor para proponer acciones complementarias que se desarrollarán en diferentes asignaturas. En cada asignatura se seguirán puntos de vista diferentes para analizar el problema. Las acciones propuestas permitirán que el alumnado aprenda a afrontar los

problemas de forma multidisciplinar y encuentre conexiones entre materias diferentes.

La totalidad de las asignaturas incluidas en el itinerario propuesto pertenecen al grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, aunque las asignaturas de los cursos inferiores son compartidas con otros grados. Se ha buscado que estas acciones se realicen a lo largo de todos los cursos del grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, desde 1º a 4º. Por último, en el marco del presente proyecto también se proponen diversos Trabajos Fin de Grado (TFGs) orientados a analizar con más detalle aspectos concretos del problema, o a desarrollar prototipos que proporcionen soluciones parciales.

Entre otras acciones, se darán a conocer los ODS al alumnado y se les concienciará acerca de su importancia. Las actividades desarrolladas en el marco del presente proyecto se focalizarán principalmente en los siguientes ODS [22]:

- Salud y bienestar (ODS3)
- Educación de calidad (ODS4)
- Ciudades y comunidades sostenibles (ODS11)
- Producción y consumo responsable (ODS12).

Por otro lado, el enfoque transversal del problema ayudará a que el alumnado adquiera las siguientes competencias transversales:

1. Autonomía y Autorregulación.
2. Compromiso social
3. Comunicación y plurilingüismo
4. Gestión de la información y ciudadanía digital
5. Innovación y emprendizaje
6. Pensamiento crítico
7. Trabajo en equipo

3 ITINERARIO EDUCATIVO

A continuación, se describe el itinerario propuesto incluyendo una breve descripción de las acciones a realizar en cada asignatura:

En FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA INGENIERÍA (1º) se introducen a los/as estudiantes de ingeniería los principios físicos básicos utilizados en los desarrollos tecnológicos. Entre otros, se introducen los conceptos fundamentales de termodinámica y electricidad. En esta asignatura se pretende dar a conocer los ODS y su relación con la energía.

Se hará especial énfasis en el ODS12: Producción y consumo responsable, intentando concienciar al

alumnado de que cualquier dispositivo eléctrico disipa energía en forma de calor, el cual no es fácil de aprovechar, contribuyendo negativamente al calentamiento global. Se presentará un ejemplo utilizando la ley de Joule y de forma más general el principio de conservación de la energía. Posteriormente esta ley se verificaría experimentalmente en el laboratorio, midiéndose el calor disipado en un circuito con resistencias y utilizando las leyes de Ohm y Joule se obtendría el balance de energías para estimar la energía disipada en forma de energía “no-útil”.

En INGENIERÍA TÉRMICA (2º) se da continuidad a los conceptos en termodinámica previamente adquiridos. Se analizan los gastos energéticos en diferentes aplicaciones fomentando su uso racional y sostenible, así como su impacto económico.

En esta asignatura se realizará una práctica basada en el ahorro energético que se puede obtener haciendo un control eficiente de los radiadores del sistema de calefacción del edificio de la EIVG y la reducción de emisiones de CO₂ asociada. Para ello: (1) se realizará un estudio y modelado de las unidades disipadoras de calor (radiadores), utilizando tanto modelos teóricos sencillos como modelos más sofisticados, basados en elementos finitos; (2) se realizará un modelo general de las líneas de suministro de calor que configuran el sistema de calefacción; (3) se comparará el ahorro de energía obtenido cuando la potencia disipada se ajusta a la demanda ambiental de energía en lugar de la situación actual, en la que la potencia emitida se mantiene constante; (4) se analizará la mejora en las condiciones de confort debido a que la temperatura del fluido caloportador será más estable en el circuito. Esta actividad se centrará en el ODS12 (Producción y Consumo Responsable)

En AUTOMATISMO Y CONTROL (2º) se introducen los sistemas automáticos de control y los dispositivos empleados para tareas de control (automatismos). Estos dispositivos se utilizan habitualmente en sistemas de climatización en edificios.

En esta asignatura se plantea la realización de una práctica de laboratorio que integre sostenibilidad, grado de confort térmico y automatización industrial utilizando para ello dispositivos industriales comerciales, concretamente autómatas programables (PLCs), de Siemens. En concreto se propone la automatización de la apertura y cierre de una ventana abatible motorizada, ya existente en la EIVG, en función del estado de diversas variables ambientales escogidas, temperatura, concentración de CO₂. El sistema deberá operar tanto en modo manual como automático. Se incluirán sensores y actuadores para

entornos industriales comerciales. Esta actividad se centrará en el ODS3 (Salud y bienestar).

En INFORMÁTICA INDUSTRIAL (3º) se describe la aplicación de herramientas informáticas para realizar tareas de monitorización control, haciendo especial énfasis en la programación, sistemas operativos y comunicaciones.

En esta asignatura, todas las sesiones de prácticas de laboratorio se estructuran a través de un proyecto orientado a monitorizar diversas variables ambientales tales como temperatura, humedad y CO₂. Con estos datos se analizará el gasto energético, se evaluará el confort térmico y se concienciará del gasto energético a la comunidad universitaria en la EIVG. Se aplica la metodología de Aprendizaje basado en proyectos (PBL). Concretamente, el proyecto propuesto consiste en desarrollar un sistema de monitorización distribuido, utilizando conceptos de Internet of Things (IoT), que permita medir las variables climáticas seleccionadas en zonas determinadas de la EIVG, aulas de clase, laboratorios y despachos. Se utilizan prototipos de Smart Sensors, basados en microcontrolador, para adquirir las medidas y realizar un pre-procesamiento de los datos y se utilizan comunicaciones inalámbricas, basadas en WiFi, para enviar los datos medidos. Estos datos serán almacenados y analizados de forma centralizada. Como parte del proyecto propuesto se realizarán tareas de visualización y análisis de las variables climáticas adquiridas tanto de forma on-line como off-line. Una experiencia piloto se desarrolló en el marco de un proyecto previo [9, 23]. Esta actividad se centrará en los ODS11 (Ciudades y comunidades sostenibles).

REGULACIÓN AUTOMÁTICA (3º) introduce la teoría de sistemas. Asimismo, tiene por objeto el modelado, análisis y diseño de los sistemas de control.

Se realizará una sesión ad hoc sobre control de la temperatura en un aula o laboratorio. A lo largo de la asignatura se utiliza el control de temperatura para introducir conceptos propios de la asignatura como el modelado y análisis de sistemas o diseñar controladores que funcionen de forma automática. Dado que se han instalado ventanas motorizadas se utilizarán como actuadores buscando mejorar la sostenibilidad de la EIVG ahorrando energía, así como la protección sanitaria por la pandemia. En la sesión se (1) realizaría el estudio de un PID analógico (ecuaciones y esquema de circuito analógico) y (2) versión discreta del PID para su futura implementación en un microcontrolador de bajo coste. Esta actividad se centrará en el ODS3 (Salud y bienestar).

En INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA (3º) se diseñan sistemas electrónicos aplicados a la medida,

monitorización y registro de diversas magnitudes físicas.

Se propone una práctica para analizar la problemática de la lectura de la temperatura ambiental utilizando diferentes tipos de sensores. En función del rango de temperaturas a medir, los cambios de temperatura más o menos repentinos o la precisión deseada se requerirán sensores diferentes. El alumnado debe seleccionar dos o tres sensores y hacer el acondicionamiento de los mismos para su visualización mediante un ordenador donde se visualizará en el entorno de LabVIEW utilizando tecnología de National Instruments. Se compararán los resultados obtenidos para diferentes sensores para elegir el sensor que se adecúe mejor. Esta actividad se centrará en los ODS3 (Salud y bienestar).

En ROBÓTICA (3º) se realiza una introducción los conceptos generales relacionados con la estructura mecánica, programación, generación de movimientos, control de los robots, funcionamiento de los sistemas robotizados y sus aplicaciones en los entornos industriales.

Para analizar el comportamiento de un grado de libertad en un robot, se realizará una práctica sobre el modelado y control de un motor de Corriente Continua en el entorno Matlab. En primer lugar, en esta práctica se procederá a realizar el modelo de un motor de corriente continua de imán permanente, dado que este es un actuador muy común en los sistemas de control. En segundo lugar, a partir del modelo realizado anteriormente, se va a diseñar y simular un sistema de control de posición para este motor, empleando el entorno Matlab, con el fin de conseguir un posicionamiento rápido y preciso del sistema. El esquema de control propuesto estará basado en el conocido control PID dado que, al ser un control que presenta un reducido coste computacional, podrá ser implementado fácilmente en controladores de bajo coste. Esta tarea será complementaria a las tareas realizadas en Regulación Automática. Esta actividad se centrará en el ODS3 (Salud y bienestar).

SISTEMAS EMPOTRADOS (4º Optativa) se focaliza en el diseño e implementación de equipos basados en microcontroladores modernos, de la familia Cortex-M, utilizando un conjunto de herramientas actuales.

Se propone una práctica en la que se analiza el consumo energético generado por los microcontroladores. Concretamente, se comprobará la influencia de la velocidad del reloj y de los modos de

bajo consumo en la energía requerida para su funcionamiento. En la práctica se van a exponer los diferentes modos de funcionamiento que tiene un microcontrolador de tipo Cortex-M de ST. Se va a realizar un estudio del impacto en el consumo de forma teórica con el analizador de energía que tiene el configurador gráfico del entorno de programación STM32CubeIDE. Posteriormente, se realizarán varios ensayos midiendo el consumo para diferentes frecuencias de reloj y modos de funcionamiento de un mismo firmware de test y se compararán los resultados obtenidos. Se hará especial énfasis en el ODS12: Producción y consumo responsable, concienciando al alumnado del gasto energético causado por cada dispositivo inteligente introducido.

En CONTROL POR COMPUTADOR (4º Optativa) se introducirán las señales y sistemas discretos para diseñar e implementar sistemas de control basados en ordenador en diferentes aplicaciones. Se introducirán técnicas de control inteligente, como lógica Fuzzy.

En esta asignatura se propone construir un modelo Hardware in the Loop (HIL) para un motor de corriente continua utilizado como actuador para abrir o cerrar la ventana. Este modelo se implementará en un microcontrolador de bajo coste de la gama Arduino y se contrastarán los resultados del modelo con el modelo construido en Matlab. En una segunda fase se implementará un controlador PID en otro dispositivo de la gama Arduino. Por último, se analizará la viabilidad de utilizar otras técnicas de control inteligente (Lógica Fuzzy) para realizar control multivariable. Esta actividad se centrará en el ODS3 (Salud y bienestar).

En AMPLIACIÓN DE INFORMÁTICA INDUSTRIAL (4º Optativa) se utilizan dispositivos de control comerciales modernos interconectados con protocolos industriales.

En esta asignatura se finalizará el itinerario propuesto, recopilando los aspectos analizados en asignaturas anteriores para desarrollar un informe que presente una solución factible. Para ello, se tendrá en cuenta la normativa relativa al problema de confort térmico y ahorro energético, se buscarán los elementos necesarios para implementar una solución basada en tecnología de PLCs, diseñando un presupuesto, se programará la solución y se creará un interfaz de usuario (HMI) para realizar el control centralizado del sistema.

Curso	Asignatura	Créditos Totales	Créditos ODS
1º	Fundamentos Físicos de la Ingeniería	12	0.4
2º	Automatismo y Control	6	0.4
2º	Ingeniería Térmica	6	0.3
3º	Informática Industrial	6	3
3º	Regulación Automática	6	0.3
3º	Robótica	6	0.6
3º	Instrumentación Electrónica	6	0.3
4º	Sistemas empotrados (optativa)	6	0.3
4º	Control por Computador (optativa)	6	0.6
4º	Ampliación de Informática Industrial (optativa)	6	1
	<i>Trabajo Fin de Grado</i>	12	12
Total		78	7.2+12

Tabla 1: Asignaturas involucradas y créditos impartidos relacionados con los ODS

De forma opcional, el alumnado podrá finalizar el itinerario de innovación educativa con el desarrollo de TFGs analizando soluciones parciales, más específicas, relacionadas con los proyectos CBL que analizan el problema de mantener el confort térmico y a la vez reducir el gasto energético en el edificio de la EIVG. En todas las asignaturas se promoverá el ODS4 (Educación de calidad).

La Tabla 1 resume las asignaturas involucradas en el itinerario propuesto. La propuesta involucra a 10 asignaturas del grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática a lo largo de los 4 cursos académicos. También se muestran los créditos impartidos que están relacionados con los ODS.

4 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Este trabajo describe una experiencia que se está llevando a cabo en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz para introducir sostenibilidad y los ODS en los grados de Ingeniería, concretamente en el grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática.

Para ello, se ha escogido un problema experimentado por el alumnado, consistente en analizar el grado de confort térmico y a la vez optimizar el gasto energético del edificio de la EIVG. La optimización energética está adquiriendo gran relevancia en los últimos tiempos debido a los costes crecientes de la energía, y de hecho es probable que muchos futuros/as

profesionales desempeñen labores orientadas en esta línea de una forma u otra.

El problema se analizará desde diferentes perspectivas, fomentando las competencias transversales. Además, se pretende conseguir que el alumnado sea capaz de afrontar problemas multidisciplinares evitando la compartimentación del conocimiento en asignaturas.

La propuesta se ejecuta a lo largo de 10 asignaturas durante los 4 cursos académicos del grado y el problema propuesto pretende servir de hilo conductor. Además, esta propuesta abre el camino a que el alumnado pueda continuar el trabajo realizado desarrollando soluciones a través de sus TFGs.

Agradecimientos

Los/as autores/as desean expresar su agradecimiento a la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) por financiar este trabajo a través de los proyectos de innovación i3KD, y de la iniciativa Campus Bizia Lab (CBL). También expresan su gratitud a la Fundación VITAL por apoyar a este proyecto por medio del proyecto VITAL21/05.

English summary

INTRODUCING SUSTAINABILITY AND MULTIDISCIPLINARITY IN THE ENGINEERING DEGREES

Abstract

This work presents the design of a teaching experience in sustainability. This experience is under development in the degree of Engineering in Industrial Electronics and Automatics, in the Faculty of Engineering of Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU (EIVG). In particular, students are required to analyse the thermal comfort in the building in order to optimize the energy consumption. This problem will be analysed through several subjects and will become the thread for: (1) presenting the Sustainable Development Goals (SDG), (2) raising awareness about its importance, (3) analysing a problem in a multidisciplinary way, (4) visualizing how to apply the acquired knowledge in the future challenges that students will face. The teaching experience will involve several actions in different subjects along the degree, including, optionally, the final degree project.

Keywords: ODS, sustainability, active methodologies, energy optimization in buildings, multidisciplinary, education in automatics

Referencias

- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.H., III. *The Limits to Growth*, Universe Books, New York (1972).
- World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*, Oxford University Press, New York (1987).
- Mihelcic, J.R., Crittenden, J.C., Small, M.J., Shonnard, D.R., Hokanson, D.R., Zhang, Q., Chen, H., Sorby, S.A., James, V.U., Sutherland, J.W., Schnoor, J.L. *Sustainability Science and Engineering: The Emergence of a New Metadiscipline*. *Environmental Science and Technology*, 37 (23), pp. 5314-5324 (2003).
- Wiek, A., Withycombe, L., Redman, C.L., *Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development*, *Sustainability Science*, 6 (2), pp. 203-218, (2011).
- Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F.J., Huisingh, D., Lambrechts, W., *Declarations for sustainability in higher education: Becoming better leaders, through addressing the university system*, *Journal of Cleaner Production*, 48, pp. 10-19, (2013).
- EESD04, Declaration of Barcelona, Final version October 2004, https://www.iau-hesd.net/sites/default/files/documents/declaratio_n_of_barcelona_english.pdf, Último acceso 2022/06/22
- Quesada J., Calvo, I., Sancho, J., Sebastian, R., Castro, M., *A Design-Oriented Engineering Course Involving Interactions with Stakeholders* (2020) *IEEE Transactions on Education*, 63 (4), pp. 283-290.
- Calvo, I., Cabanes, I., Quesada, J., Barambones, O., *A Multidisciplinary PBL Approach for Teaching Industrial Informatics and Robotics in Engineering*, (2018) *IEEE Transactions on Education*, 61 (1), pp. 21-28.
- Calvo, I., Gil-García, J.M., Apiñaniz, E., Escudero, C., García-Adeva, A.J., Mesanza, A., Gastón, M., *Design of a PBL experience in the field of sustainability for industrial informatics*, (2021) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1266 AISC, pp. 338-347.
- Lopez-Guede, J.M., Ramos-Hernanz, J.A., Apiñaniz, E., Mesanza, A., Delgado, R., Graña, M., *Intra and Intergroup Cooperative Learning in Industrial Informatics Area*, (2019) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 771, pp. 586-595.
- Olabe, J.C., Basogain, X., Olabe, M.A., *Using Information Theory to Develop Modern Educational Methodologies*, (2020) *International Journal of Learning*, 6 (4), pp. 202-207
- Zubimendi Herranz, J.L., Ruiz Ojeda, M.P., Carrascal Lecumberri, E., de la Presa Donado, H., *“El Aprendizaje Cooperativo en el Aula Universitaria”*, Prentsa.EHU.EUS, 2010, pp: 1-70, ISBN: 978-84-615-7524-4
- M.J. Prince and R.M. Felder. *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases*. *J. Eng. Educ.*, vol. 95, no. 2, pp. 123–138, 2006
- M. Prince. *Does Active Learning Work? A Review of the Research*. *J. Eng. Educ.*, vol. 93, no. 3, pp. 223–231, 2004
- R. Pucher, A. Mense, and H. Wahl. *How to Motivate Students in Project Based Learning*. In *Proc. 6th IEEE AFRICON*, Pretoria, South Africa, Oct. 2002, vol. 1, pp. 443–446
- Graaff, E.D. and Kolmos, A., *Characteristics of problem-based learning*, *International Journal of Engineering Education*, 19(5), pp. 657-662, (2003).

17. Guerra, A., Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer? *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18 (3), pp. 436-454, (2017). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (último acceso 27/06/2022)
18. Bocko, P., Synergy between problem-based learning and educating for sustainability: A review of the literature, *Building for a Sustainable Future in Our Schools: Brick by Brick*, pp. 107-131, Springer International Publishing Switzerland, (2016).
19. Carrascal-Lekunberri, E.; Garrido, I.; van der Heijde, B.; Garrido, A.J.; Sala, J.M.; Helsen, L. "Energy Conservation in an Office Building Using an Enhanced Blind System Control" *Energies* 10(2) (2017)
20. Picallo, A., Escudero, C., Flores, I., Sala, J.M., Symbolic thermoeconomics in building energy supply systems, (2016) *Energy and Buildings*, 127, pp. 561-570.
21. Aranguren, G., Ortiz, J., Gil-García, J.M., From the Idea to the Product: An Academic Tour, (2015) *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10 (4), pp. 290-295.
22. United Nations, *Objetivos de desarrollo sostenible*, disponible en :
23. Calvo, I., Espin, A., Gil-García, J. M., Bustamante, P. F., Barambones, O., & Apiñaniz, E. (2022). Scalable IoT Architecture for Monitoring IEQ Conditions in Public and Private Buildings. *Energies*, 15(6).



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-ncsa/4.0/deed.es>).