



Aprendizaje Basado en Proyectos en la Asignatura de Computer Science en el Grado de Ingeniería y Gestión Empresarial de EDEM*

Falta el título en inglés

Francisco Fraile¹ y Luis David Sánchez²

¹ Universitat Politècnica de València, Escuela de Empresarios (EDEM), ffraile@cigip.upv.es

² Escuela de Empresarios (EDEM), lsanchez@edem.es

How to cite: Fraile, F. y Sánchez, L. (2024). Aprendizaje Basado en Proyectos en la Asignatura de Computer Science en el Grado de Ingeniería y Gestión Empresarial de EDEM. En libro de actas: *X Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 11 – 12 de julio de 2024. Doi: <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2024.2024.18423>.

Abstract

The aim of this paper is to describe the design and implementation of continuous assessment in the Computer Sciences course of the bachelor degree on Engineering and Management using the Project-Based Learning (PjBL) methodologies. To this end, this paper presents the context of the innovation, the objectives, its implementation, the results obtained, and the improvements proposed for future work lines

Keywords: *computer science; project based learning; learn by doing; bachelor engineer-ing; engineering and management*

Resumen

El uso de aplicaciones informáticas está en la actualidad extendido a prácticamente todos los ámbitos de la ingeniería y la gestión de empresas. Por esta razón, los futuros profesionales necesitan adquirir competencias relacionadas con tecnologías digitales como programación, comunicaciones o bases de datos. En este contexto, Escuela de Empresarios (EDEM) apuesta por implementar metodologías de aprendizaje activo para fomentar la adquisición de competencias digitales en los alumnos de la asignatura de Computer Sciences del grado de Ingeniería y Gestión Empresarial (IGE). El objetivo de este artículo es describir el diseño y la implementación de la evaluación continua de la asignatura de Computer Sciences, utilizando la metodología docente de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Para ello, se detalla el contexto de la innovación, los objetivos, su implementación, los resultados obtenidos y las mejoras planteadas en líneas de trabajo futuro

Keywords: *informática; aprendizaje basado en proyectos; aprender haciendo; grado de ingeniería; ingeniería y gestión empresarial*

*Proyecto financiado por Escuela de Empresarios (EDEM)

1 Introducción

Las tecnologías digitales están presentes hoy día de manera ubicua en muchos ámbitos de la ingeniería y la gestión de empresas. La irrupción de soluciones basadas en Modelos de Lenguaje de Grandes Dimensiones o Large Language Models (LLMs) representan el último hito en una larga lista de disrupciones tecnológicas que han transformado radicalmente la resolución de problemas y la toma de decisiones en la ingeniería. En este contexto, el uso general de tecnologías digitales hace que el dominio de ciertas habilidades de programación sea una competencia fundamental para los ingenieros presentes y futuros, ya que permite no solo entender, sino también innovar y validar soluciones complejas. Hoy en día resulta muy sencillo desarrollar aplicaciones software utilizando herramientas de programación low code o asistentes de inteligencia artificial, siempre que se tengan unos conocimientos básicos de programación (Sanchis et al., 2019). Este panorama tecnológico emergente presenta una oportunidad única para los futuros profesionales, pero también para las instituciones educativas que aspiran a formar profesionales capaces de liderar en este entorno dinámico.

En este sentido, Escuela de Empresarios (EDEM), como centro universitario adscrito a la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), se ha comprometido con la misión de cultivar en sus estudiantes no solo conocimientos técnicos, sino también una mentalidad práctica y emprendedora. Así, este artículo de investigación presenta una innovación docente desarrollada en la asignatura de Computer Science del primer curso del Grado en Ingeniería y Gestión Empresarial (IGE) de Escuela de Empresarios (EDEM). El grado de IGE es un título oficial de ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) con una metodología que se alinea con las tendencias actuales en el aprendizaje activo y basado en proyectos que promueve la UPV (Sanchis et al., 2020).

El Grado en Ingeniería y Gestión Empresarial (IGE) es una propuesta educativa innovadora, que integra conocimientos de ingeniería y gestión empresarial. Este programa está diseñado para formar profesionales capaces de comprender y aplicar principios de ingeniería en el contexto de la gestión de negocios, preparándolos para liderar proyectos tecnológicos y empresariales en un entorno globalizado. En las diferentes asignaturas impartidas a lo largo del grado, los estudiantes reciben formación en fundamentos de ingeniería, economía, finanzas, marketing, gestión de operaciones y estrategia empresarial. La integración de tecnologías digitales, como la programación, bases de datos y comunicaciones, es un componente fundamental del currículo, subrayando la importancia de las competencias digitales en el panorama empresarial actual. Otros aspectos importantes de la formación complementaria del grado son la formación en Sostenibilidad, inculcar en los alumnos la importancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Nations, 2015) y la agenda 2030, así como el desarrollo de habilidades directivas orientadas al emprendimiento.

La innovación que se presenta en este artículo está dirigida a promover la adquisición de competencias en programación utilizando el Aprendizaje Basado en proyectos (ABP). ABP es una metodología que mejora el aprendizaje en el ámbito universitario (Guo et al., 2020) y consiste en plantear problemas complejos, basados en retos reales, que los estudiantes deben resolver mediante la realización de proyectos tecnológicos, trabajando en grupos, con la ayuda y la guía de los profesores (Diana et al., 2021)(Nurhidayah et al., 2021). Este método fomenta que, a través del trabajo colaborativo, los estudiantes adquieran conocimientos sobre la materia, además de desarrollar otras habilidades, como el pensamiento crítico (Nur'aini et al., 2022), la investigación y el trabajo autónomo, el trabajo en equipo y la comunicación verbal (Allen et al., 2011).

Esta metodología es particularmente relevante para el aprendizaje de nuevos lenguajes de programación, como se extrae de (O'grady, 2012), que proporciona un análisis sistemático de la literatura

relacionada con ABP en el ámbito de la informática y clasifica las fuentes analizadas en diferentes áreas de conocimiento (por ejemplo, inteligencia artificial, arquitecturas de computadores, comunicaciones, o tecnologías de la información) y cursos (desde primer curso a quinto curso de estudios superiores). Del total de 59 innovaciones docentes analizadas en este artículo, 11 están dirigidas al campo de la programación informática en primer curso. Siguiendo este enfoque y concretándolo al contexto de la asignatura de Computer Science en el Grado de IGE, se plantea el desafío de que los 78 estudiantes de los dos grupos de tienen que desarrollar una solución IoT (Internet of Things), desde una idea hasta un demostrador. Como la asignatura, el proyecto se desarrolla en inglés. Este enfoque no solo se alinea con las buenas prácticas en educación para ingeniería, sino que también refleja un compromiso con la preparación de los estudiantes para el emprendimiento. En este sentido, una de las particulares de la innovación que describimos en este artículo y el resto de referencias analizadas en (O'grady, 2012) es que el curso en cuestión no está dirigido a estudiantes de informática, si no a estudiantes de un grado innovador en ingeniería y gestión empresarial. En este sentido, las necesidades de los alumnos se deben analizar desde una perspectiva diferente. Por esta razón, el método de ABP utilizado combina aspectos de programación e innovación empresarial tal y como se destalla en las siguientes secciones.

2 Objetivos

En esta sección se enumeran los objetivos generales y específicos de la innovación y se definen los indicadores y métodos para la medición de los mismos.

2.1 Objetivos Generales

1. **Desarrollar habilidades técnicas y de resolución de problemas:** Facilitar a los estudiantes la adquisición de competencias en programación, electrónica e innovación, mediante el diseño e implementación de dispositivos IoT y aplicaciones de software, utilizando Arduino y Python. **Medición** Este objetivo se puede medir a través de la evaluación del demostrador desarrollado por los alumnos. **Indicador** Se puede establecer como indicador el porcentaje de estudiantes que desarrollan satisfactoriamente el trabajo de evaluación continua.
2. **Fomentar la creatividad, la innovación, y el emprendimiento:** Inspirar a los estudiantes para que generen ideas innovadoras y creativas que sean deseables, factibles y viables, contribuyendo así a soluciones tecnológicas que mejoren la vida cotidiana o aborden problemas reales. **Medición:** Alineación de ideas de proyecto y ODS por parte de los alumnos y presentación de la relación en formato *pitch*. **Indicador:** Número de proyectos por ODS.

2.2 Objetivos Específicos

1. **Ideación:** Guiar a los estudiantes en el proceso de diseño para la generación de conceptos de proyectos IoT que sean explotables comercialmente y que estén alineados con objetivos sostenibles. **Medición:** Puntuación de las ideas de proyecto presentadas según su claridad, relevancia y potencial de impacto. **Indicador:** Cantidad de proyectos que presentan soluciones innovadoras a problemas reales y alineados con objetivos de desarrollo sostenible.
2. **Implementación del dispositivo:** Asegurar que los estudiantes apliquen conocimientos técnicos para construir un dispositivo IoT funcional, dentro de los límites de recursos, tiempo y alcance del proyecto, promoviendo al mismo tiempo habilidades prácticas en electrónica y

programación con Arduino. **Medición:** Inspección técnica y evaluación de la funcionalidad de los dispositivos en un acto presencial. **Indicador:** Porcentaje de dispositivos IoT funcionales según los requisitos del proyecto en un acto de evaluación intermedio.

- 3. Desarrollo de la aplicación:** Fomentar el desarrollo de aplicaciones en Python que interactúen con el dispositivo IoT, poniendo especial énfasis en la conectividad y la funcionalidad del dispositivo conectado a Internet. **Medición:** Inspección técnica y evaluación de la funcionalidad de la aplicación en un acto presencial. **Indicador:** Porcentaje de aplicaciones de control de dispositivo funcionales según los requisitos del proyecto en un acto de evaluación intermedio.
- 4. Competencias de presentación y comunicación:** Mejorar las habilidades de presentación y comunicación de los estudiantes, capacitándolos para demostrar efectivamente la innovación, creatividad, funcionalidad y utilidad de sus proyectos IoT a un público variado. **Medición:** Evaluación comparativa de las presentaciones iniciales y finales del demostrador. **Indicador:** Mejora en las habilidades de presentación y comunicación de los estudiantes.

3 Desarrollo de la innovación

3.1 Descripción General

El proyecto de los estudiantes se evalúa como parte de la evaluación continua y tiene un peso del 35% de la nota del curso. El nombre de la actividad es IoT Challenge o desafío IoT. En este desafío, los estudiantes trabajan en grupos de máximo tres alumnos para diseñar y construir un dispositivo IoT utilizando Arduino (Arduino, 2024) y crear una aplicación en Python (Foundation, 2024) para interactuar con el dispositivo o aprovechar los datos que genera.

La actividad se centra en IoT por su carácter interdisciplinario, ya que integra conceptos de computación, programación, análisis de datos y conectividad, claves en la asignatura de Computer Science y aplicables a multitud de problemas en el mundo real. Al centrarse en IoT, los estudiantes no solo adquieren conocimientos técnicos sobre cómo los dispositivos pueden recoger, enviar y procesar datos para interactuar con el entorno, sino que también desarrollan una comprensión profunda de cómo estas tecnologías pueden ser aplicadas para resolver problemas cotidianos, mejorar la calidad de vida y fomentar la sostenibilidad. Además, dada la relevancia creciente del IoT en la industria moderna y los procesos de transformación digital en diferentes campos, desde la agricultura inteligente hasta las ciudades inteligentes y la gestión de recursos, prepara a los estudiantes para enfrentarse a los desafíos tecnológicos en el desarrollo de su actividad profesional.

Por otro lado, la selección de Arduino y Python se alinea con los objetivos educativos y prácticos de esta actividad. Por un lado, Arduino es una plataforma de hardware de código abierto diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares. Su naturaleza accesible y adaptable lo convierte en una herramienta ideal para estudiantes y aficionados que se inician en el mundo de la electrónica y la programación de dispositivos. La simplicidad de su entorno de desarrollo integrado (IDE) facilita la comprensión de conceptos básicos de la programación de microcontroladores y la interacción con sensores y actuadores. Python, por otro lado, es un lenguaje de programación de alto nivel que se caracteriza por tener una sintaxis clara y legible, lo que reduce la curva de aprendizaje para los nuevos programadores. Además, Python ofrece una extensa biblioteca estándar y una gran cantidad de recursos en código abierto que facilitan la realización de tareas complejas, incluyendo la manipulación de datos, la realización de cálculos y

la comunicación a través de redes. Esto lo hace excepcionalmente adecuado para el desarrollo de aplicaciones IoT, donde la recopilación, análisis y transmisión de datos son fundamentales.

El desafío se evalúa en tres etapas: ideación, implementación del dispositivo e implementación de la aplicación, que se detallan en las siguientes secciones.

Ideación

En la etapa de ideación, los estudiantes deben generar la idea de su proyecto IoT. El principal objetivo es estimular la creatividad, el pensamiento crítico y la innovación. Se les anima a pensar de manera creativa y proponer conceptos innovadores alineados con ODSs, enfatizando cómo sus ideas tienen un impacto directo en la sociedad y la vida de las personas. Las guías de la actividad indican que su idea tiene que fundamentarse en los tres pilares de la metodología Design thinking: El concepto debe ser deseable, factible y viable (Chasanidou et al., 2015).

- **Deseabilidad** se refiere a si el concepto resuelve un problema real del mundo que a las personas les interesaría usar o experimentar. Los estudiantes deberían considerar las necesidades y deseos de los usuarios finales y cómo el dispositivo IoT podría mejorar sus vidas de alguna manera.
- **Factibilidad** se refiere a si el concepto puede implementarse de manera realista con los recursos y el tiempo disponibles. Los estudiantes deben considerar los desafíos técnicos involucrados en la construcción del dispositivo y si tienen las habilidades y recursos necesarios para lograrlo. En este sentido, las clases les proporcionarán algunos conceptos introductorios básicos sobre IoT, Arduino y Python, y como recurso obtendrán un esqueleto de proyecto que pueden usar para el proyecto y una descripción de la funcionalidad básica que proporcionará.
- **Viabilidad** se refiere a si el concepto puede monetizarse o generar algún otro tipo de valor. Aunque esto puede no ser una prioridad para un proyecto estudiantil, sigue siendo importante considerar si el concepto tiene potencial para un desarrollo o comercialización futuros, especialmente en una escuela como EDEM, donde el emprendimiento es un valor fundamental.

Al tener en cuenta estos tres factores, los estudiantes pueden desarrollar ideas que no solo son interesantes e innovadoras, sino también prácticas y alcanzables dentro del alcance del desafío.

Los grupos deberán presentar sus ideas de proyecto a la clase y a los profesores al final alrededor de la tercera semana del curso. La presentación debe incluir una descripción del concepto del proyecto y el problema que resuelve en una breve presentación o elevator pitch de 7 minutos. A partir de la idea presentada, los alumnos empiezan a diseñar sus dispositivos, elaborando primero la lista de materiales (sensores y actuadores) que necesitan para su prototipo.

Etapa 2: Implementación del Dispositivo

Una vez que las ideas de proyectos estén finalizadas, los grupos comienzan a construir el dispositivo IoT utilizando Arduino. Sin embargo, dado el carácter de la propia titulación, el alumnado no se caracteriza por tener unos conocimientos previos en las áreas de programación o de construcción de prototipos. En consecuencia, previamente a la propia implementación del dispositivo, el alumnado es introducido tanto en las bases de programación de Arduino como en las bases del conexionado de dispositivos electrónicos. Para ello, se programan una serie de actividades, a realizar en parejas,

con un grado de dificultad creciente, en las cuales se trabajan los contenidos de programación y de conexionado hardware de dispositivos electrónicos que se detallan a continuación:

1. Introducción a elementos hardware básicos. Los alumnos estudian las propiedades fundamentales de los elementos hardware fundamentales así como sus esquemas básicos de conexionado. De este modo, se introducen multitud de componentes electrónicos básicos capaces de enviar información al sistema tales como pulsadores, interruptores o sensores analógicos y digitales y por otro lado elementos controlables desde la placa de Arduino tales leds, servomotores, LCDs y en general actuadores de cualquier naturaleza (analógicos o digitales).
2. Diferenciación de señales analógicas y digitales. Dependiendo de la naturaleza de las diferentes actividades, los alumnos trabajan con señales analógicas o digitales dando lugar a su análisis y comprensión.
3. Programación básica en Arduino. En estas actividades el alumnado es introducido a la definición de los pines digitales como entradas o salidas (dependiendo de la naturaleza del elemento conectado a ellas) mediante el empleo del comando `pinMode`. Además, se introducen otros comandos clave de programación como `digitalWrite` y `digitalRead` que sirven para que el Arduino aplique un nivel alto (5V) o bajo (0V) de tensión en una salida digital o lea el estado de una entrada digital respectivamente. También se introducen al empleo de las versiones analógicas de dichos comandos (`analogWrite` y `analogRead`) que proporcionan las mismas funcionalidades descritas anteriormente pero en este caso con señales de entrada analógicas o señales de salida con modulación por ancho de pulso.
4. Introducción al empleo de librerías. Las propias actividades sirven para introducir el empleo de librerías que facilitan en gran medida la comunicación con sensores específicos así como el control de ciertos tipos de actuadores. Más concretamente, en las actividades se emplean las librerías correspondientes para el empleo de servomotores y de LCDs.
5. Tipos de datos y empleo de estructuras condicionales básicas. Para la realización de las actividades, el alumnado tiene que profundizar en el conocimiento de los diferentes tipos de datos que puede emplear en sus programas (enteros, números con coma flotante o vectores entre muchos otros) así como en el empleo de estructuras condicionales básicas (`if-else` y `for`) que le permitan controlar la ejecución del código por parte del compilador.
6. Introducción a la comunicación serie. Las actividades también introducen al alumando en el empleo de la comunicación serie entre el propio ordenador y la placa de Arduino, no sólo para permitir la comunicación entre el usuario y el dispositivo, sino también como herramienta de diagnóstico para la detección de problemas en la ejecución del código.

Respecto a la metodología, estas actividades se resuelven primero en un entorno de programación online llamado Tinkercad (Autodesk, 2024) que permite la experimentación sin poner en riesgo la integridad de los componentes reales. Una vez verificado el cumplimiento de las especificaciones de la actividad en el simulador, el alumnado implementa físicamente su solución de la actividad, no sólo para ser evaluada sino también para constatar como el paso del simulador al montaje físico es inmediato y por tanto, demostrar las bondades del uso de simuladores en el desarrollo de proyectos.

Tras la realización de las actividades, el alumnado se encuentra en buena disposición para iniciar el desarrollo de sus propios dispositivos teniendo en cuenta los contenidos de programación y de conexionado hardware adquiridos previamente. En esta etapa del proyecto, aunque el profesorado mantiene un perfil de acompañamiento y guía de los sistemas bajo desarrollo, son principalmente

los alumnos quienes deben desarrollar ciertas capacidades de comunicación y autogestión para tener en cuenta los recursos disponibles, el límite de tiempo y el alcance del proyecto. También se desarrollan otras capacidades o competencias importantes, tales como la búsqueda y síntesis de información relativa a los elementos particulares que emplean en sus proyectos.

Por otro lado, con el fin de guiar y unificar el proceso de los diferentes proyectos, el profesorado proporciona una misma plantilla inicial a todos los grupos, en la cual tienen únicamente implementado la obligación de distinguir entre dos modos de funcionamiento (local y remoto) mediante el accionamiento de un interruptor. En el modo local, el dispositivo es completamente autónomo mientras que en el modo remoto, el dispositivo funciona en base a las órdenes que envía el usuario desde la consola de Python mediante el empleo de la comunicación serie. De este modo, el mismo sistema se puede evaluar valorando ambos modos de funcionamiento y se destaca de forma más evidente la consecución de todos los objetivos de aprendizaje.

Finalmente, tras finalizar la implementación y comprobar su óptimo funcionamiento en ambos modos, cada grupo deberá presentar su dispositivo a los profesores, quienes actuarán como jueces, demostrando su funcionalidad y explicando cómo funciona, alrededor de la semana X del curso. El objetivo es que el dispositivo debe ser funcional y cumplir con los requisitos de la propuesta del proyecto.

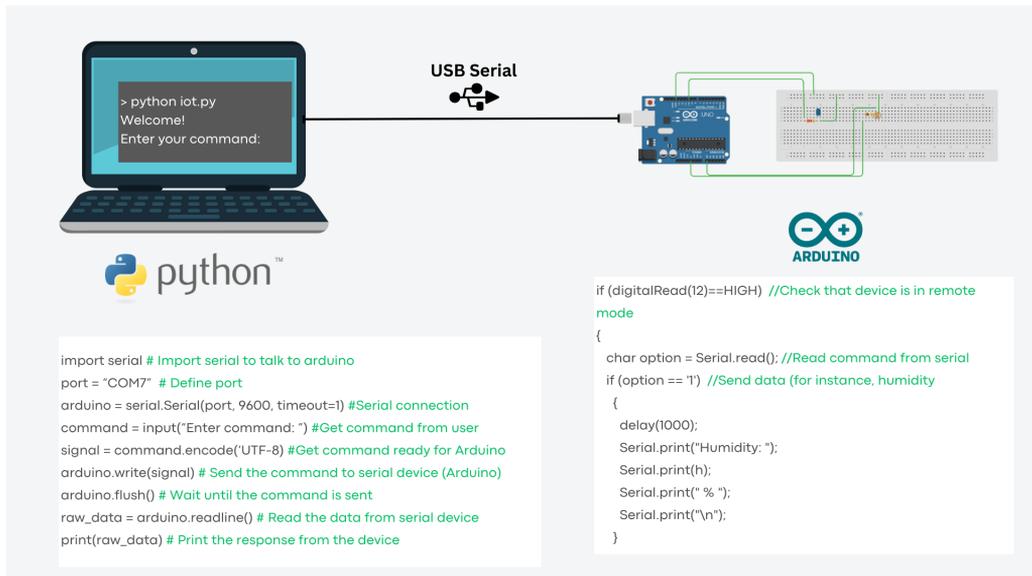
Etapa 3: Implementación de la Aplicación

Por último, los grupos deben incorporar en sus proyectos una aplicación en Python para interactuar con el dispositivo IoT. La aplicación debe ser fácil de usar, intuitiva y proporcionar una forma sencilla para que el usuario interactúe con el dispositivo.

Para el desarrollo de la aplicación, los alumnos realizan prácticas guiadas en clase para incidir en las funcionalidades clave que debe incorporar la aplicación. Los alumnos disponen de un libro interactivo para acceder a los tutoriales y los ejercicios para las prácticas guiadas (Fraile, 2024). Los contenidos del libro interactivo son cuadernos de Jupyter (Notebook, 2024) recopilados en una web y en código abierto para toda la comunidad. Estos cuadernos ofrecen una plataforma interactiva que permite combinar integrar código, salida de ejecución, visualizaciones, y texto explicativo en un único documento que es fácil de compartir y reproducir. A través de los cuadernos de Jupyter, los alumnos pueden experimentar en tiempo real con código y comprender mejor los conceptos clave de programación necesarios para desarrollar el proyecto. Durante el desarrollo del curso, los alumnos dedicaron un total de cinco sesiones prácticas:

1. Programas básicos con funciones integradas en Python y cómo usar ChatGPT para programación. En esta práctica guiada los alumnos revisan en un [tutorial](#) las funciones integradas en la librería de Python y deben realizar programas básicos en los que se incide en la interacción con el usuario, entrada de datos al programa por parte del usuario y salida de los resultados por ventana de comandos. También se incluye una [guía de uso de ChatGPT](#) en la que se explica cómo utilizar esta herramienta durante el desarrollo del reto IoT y se proporcionan plantillas de prompts para resolver dudas de programación y validar resultados.
2. Variables y operaciones básicas. En esta práctica se revisan los tipos básicos de [variables](#) y las operaciones básicas que se pueden realizar con ellos en Python.

Fig. 1. Comunicación básica entre Python y Arduino



3. Control de flujo. Esta práctica cubre las principales **estructuras de control** (if-else, while loops, for loops) en el lenguaje de programación Python, incidenciando en las expresiones condicionales y proporcionando una introducción a los objetos iterables.
4. Formatos de datos Estructurados. En esta práctica los alumnos revisan tutoriales y practican con **formatos de datos estructurados** para almacenar datos como el formato de fichero Comma Separated Values (CSV), que podrán incorporar a sus diseños para almacenar los datos de los sensores.

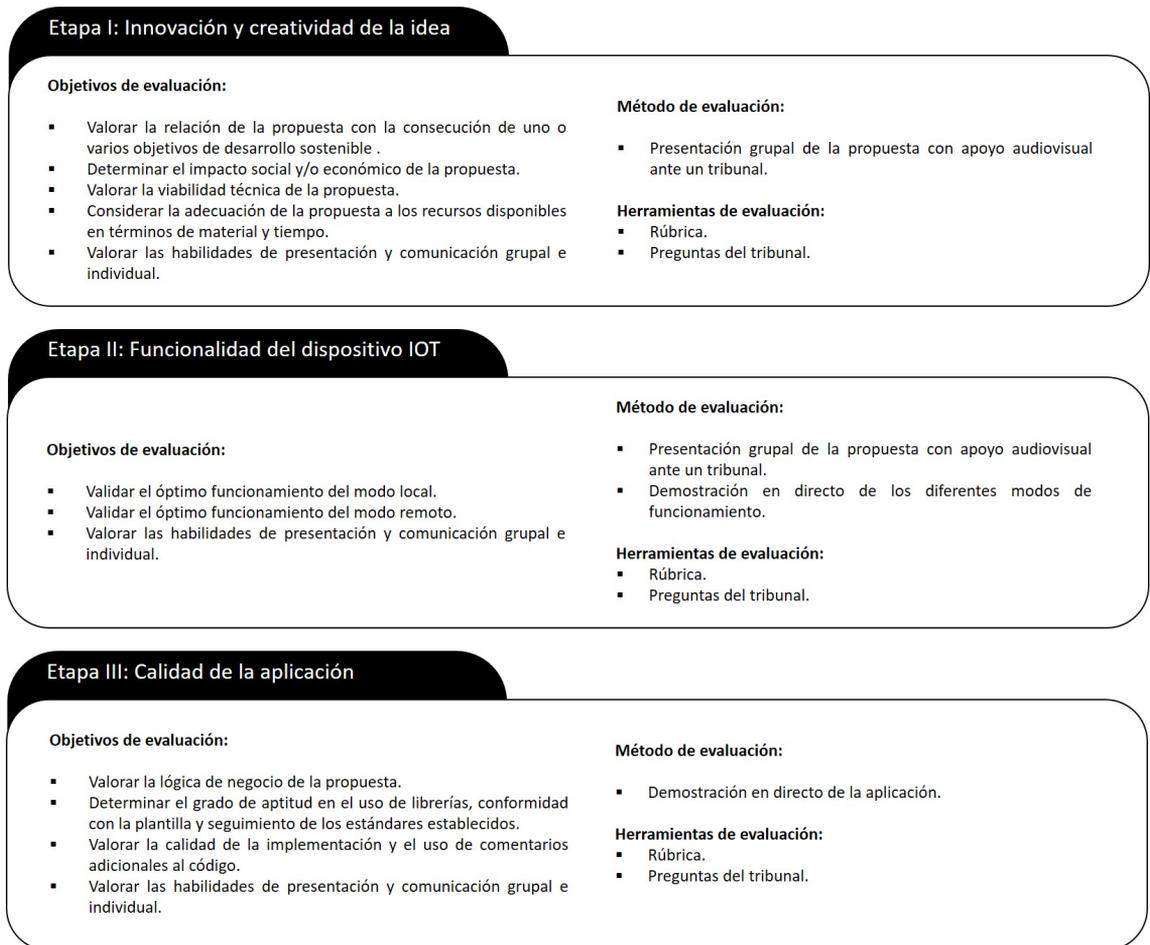
A través de estas sesiones, los alumnos adquieren los conceptos básicos de programación que posteriormente aplicarán al desarrollo de su aplicación IoT. Una vez que han realizado estas prácticas, los profesores del curso realizan dos sesiones guiadas para explicar la comunicación serie utilizada para integrar el dispositivo con la aplicación y revisar y testear las plantillas disponibles en el [tutorial](#). Este tutorial explica cómo utilizar la librería de Python pyserial para comunicarse con un dispositivo serie como Arduino y proporciona el código de Arduino (el mismo de la plantilla mencionada en la sección anterior) y de Python para realizar la integración utilizando tres patrones diferentes de dificultad incremental. La [Figura 1](#) contiene un diagrama funcional simplificado del código utilizado en la plantilla.

Para la evaluación de esta parte, los grupos deberán presentar su aplicación a los jueces, demostrando su funcionalidad y explicando cómo interactúa con el dispositivo IoT.

3.2 Criterios de Evaluación

Los proyectos serán evaluados basándose en los criterios resumidos en la [Figura 2](#) y desarrollados a continuación.

Fig. 2. *Objetivos, métodos y herramientas de evaluación divididas por etapas del proyecto.*



1. Etapa 1: Innovación y creatividad de la idea. En esta etapa, mediante la evaluación se determinan aspectos claves para el inicio del proyecto. Concretamente, se valora que la idea de proyecto no sólo sea viable en términos técnicos, económicos, materiales, temporales y de nivel de dificultad, sino que su propuesta también debe estar orientada hacia la resolución de alguna problemática real ya sea de carácter social o medioambiental. De este modo, también se evalúa la relación del propio proyecto con los ODS. En este contexto, el método de evaluación de esta primera etapa consiste en la realización de una presentación grupal ante un tribunal, tras la cual la propuesta es evaluada mediante el empleo de una rúbrica de evaluación y a partir de las respuestas proporcionadas por los integrantes del grupo a las preguntas realizadas por los miembros del tribunal.

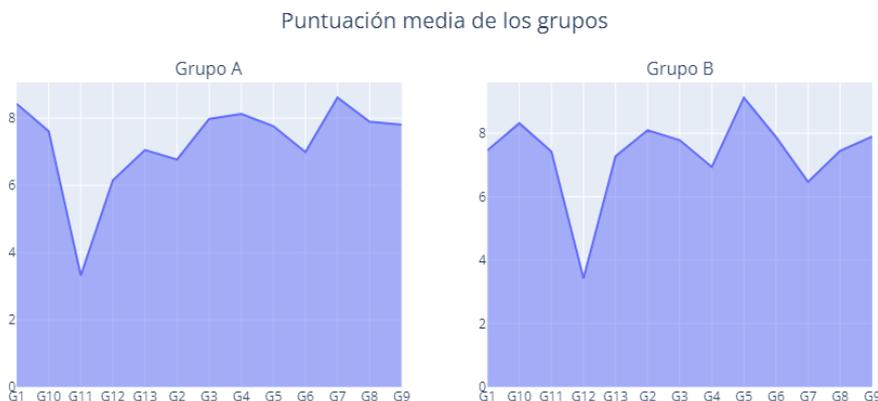
2. Etapa 2: Funcionalidad del dispositivo IoT. En esta segunda etapa evaluativa, los alumnos exponen mediante una presentación grupal el desarrollo de su proyecto, explicando las decisiones tomadas, las dificultades encontradas y las soluciones aplicadas, así como el grado de cumplimiento de las especificaciones iniciales por parte del dispositivo final. Tras la presentación, realizan una demostración en vivo de los modos de funcionamiento (local y remoto). Nuevamente, la evaluación de esta etapa se basa en el empleo de una rúbrica de evaluación y en la valoración del nivel de corrección de las respuestas proporcionadas a las preguntas del tribunal durante la puesta en marcha del prototipo en los diferentes modos de funcionamiento.
3. Etapa 3: Calidad de la aplicación. Tras la demostración en vivo del modo remoto del sistema, se evalúa en el mismo acto presencial, mediante un rúbrica y por la preguntas del tribunal, la lógica de negocio de la propuesta y la calidad de la implementación considerando aspectos tales como el correcto uso de librerías, inclusión de comentarios y el seguimiento de los estándares establecidos.

4 Resultados

4.1 Resultados de la Evaluación

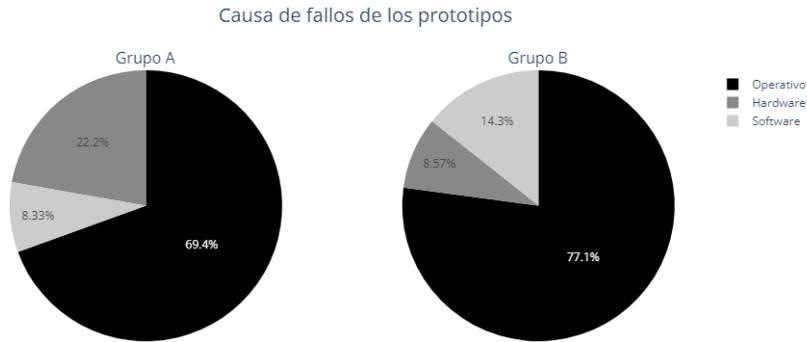
De acuerdo a la revisión de la literatura relativa al aprendizaje basado en proyectos, mediante esta metodología se obtienen altos rendimientos académicos del alumnado gracias al desarrollo de sus habilidades cognitivas en contextos de aprendizaje creativos e interdisciplinarios (Hidalgo & Sánchez, 2022). En consonancia con la conclusión principal de dicha revisión, en la experiencia descrita en este artículo también se ha podido comprobar el efecto positivo de la metodología sobre las capacidades del alumnado a partir de los resultados de la evaluación de sus proyectos e intervenciones. Por ejemplo, la [Figura 3](#) muestra los resultados obtenidos en los dos grupos, resumido en el indicador de puntuación media de cada equipo de trabajo, calculada en primer lugar como la media ponderada de la puntuación individual del alumno en cada etapa en una escala del 1 al 10, y después como la media entre los componentes del grupo. Por lo general, la evaluación es satisfactoria en ambos grupos y prácticamente todos los equipos, a excepción de dos (uno en cada grupo) obtienen una calificación superior al 6.

Fig. 3. *Resultados de la evaluación*



Uno de los principales retos planteados a los alumnos era conseguir realizar una demostración funcional del dispositivo y la aplicación de Python en un acto de evaluación presencial. Tanto el hardware como el software debían ser suficientemente robustos y funcionar de manera consistente durante la prueba. La Figura 4 muestra, para cada grupo, el porcentaje de prototipos completamente operativos, el porcentaje de prototipos que no pudieron demostrar el funcionamiento del dispositivo ni la aplicación por un problema hardware, y el porcentaje de dispositivos que no pudieron demostrar el funcionamiento de la aplicación por un problema en el software.

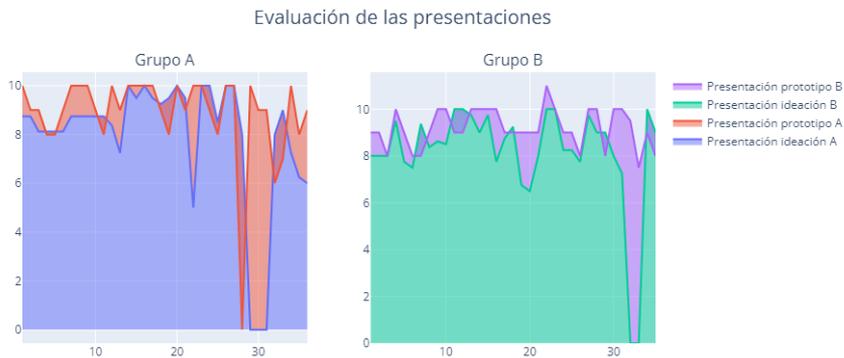
Fig. 4. Porcentaje de alumnos que desarrollan satisfactoriamente prototipos funcionales



El porcentaje de prototipos funcionales es en ambos grupos muy alto, en torno al 70 %, demostrando que los estudiantes son capaces de aplicar los conocimientos adquiridos para construir un dispositivo IoT y una aplicación en Python dentro de los límites de tiempo y recursos durante el curso. Esta conclusión, nuevamente queda alineada con lo expuesto en la revisión bibliográfica (Hidalgo & Sánchez, 2022) en la cual se destaca que la metodología muestra numerosas ventajas en la adquisición de contenidos científicos, tecnológicos y de ingeniería dotando al alumnado de habilidades para la búsqueda de soluciones y la creación de productos finales como respuesta a problemas reales. Además debe valorarse que el porcentaje de éxito podría haber sido notablemente superior de no haber sido por ciertos problemas de hardware y software que eran perfectamente corregibles. Por ejemplo, los problemas hardware se deben, en la mayoría de casos, a problemas en el conexionado de los componentes del dispositivo, a excepción de un grupo en el que tanto el conexionado como el software parecía correcto pero la comunicación serie en la placa Arduino no funcionaba correctamente (probablemente debido a un conexionado erróneo durante las pruebas previas a la demostración que inhabilitó la comunicación serie). Hay que destacar que el prototipo se integraba sobre una placa de prototipado y muchos alumnos preferían montar y desmontar el prototipo antes de cada prueba, con lo que aumentaba la probabilidad de cometer este tipo de errores. Los problemas software se debían en todos los casos a fallos de programación en la comunicación serie entre el dispositivo Arduino y el programa de Python. En la mayoría de los casos los alumnos diseñaron la funcionalidad de la aplicación ciñéndose a las plantillas y ejemplos proporcionados, pero algunos alumnos trataron de implementar funcionalidades más complejas realizando modificaciones de calado en las plantillas y no lograron demostrar la funcionalidad en el acto de evaluación. Como se ha destacado en la introducción, otro de los objetivos de la innovación docente es que los alumnos mejoren sus habilidades comunicativas. La Figura 5 muestra la calificación obtenida por cada alumno en la presentación de los dos actos de evaluación, la presentación de su idea en la primera etapa de la innovación y el de la presentación del prototipo. Siguiendo las indicaciones de los profesores, los alumnos utilizaron adecuadamente material audiovisual para dar soporte a sus presentaciones, demostraron un buen nivel de inglés y se ciñeron a las limitaciones de

tiempo establecidas. Hay que destacar que, siguiendo las indicaciones en la retroalimentación de la primera presentación, la mayoría de los alumnos obtuvieron una mejor calificación en el segundo acto. La nota media de la presentaciones en el primer acto de evaluación fue de 8.0 sobre 10 (7.9 en el grupo A y 8.2 en el grupo B), con una desviación estándar de 2.7 (2.25 en el grupo A y 2.5 en el grupo B). La media en el segundo acto de evaluación fue de 9.0 en la misma escala (8.9 en el grupo A y 9.2 en el B). Considerando a los alumnos que participaron en ambos actos de evaluación, la diferencia media entre los dos actos es de 0.54 y la desviación estadística 1.3.

Fig. 5. *Evaluación de las presentaciones*



4.2 Alineación con ODSs

Por otro lado, uno de los principales objetivos de la utilización de la metodología basada en proyectos era conducir al alumnado hacia la iniciativa de los ODS, haciéndolos participe y concienciándolos en la importancia como sociedad de proporcionar soluciones a los retos planteados. En consecuencia, tal y como se detalló anteriormente, en la primera etapa de la evaluación no sólo se valoraba la innovación y creatividad de la propuesta sino también su relación directa con uno o varios ODS y sus metas. La [Tabla 1](#) resume la relación entre los ODSs y los trabajos que los propios alumnos definieron y justificaron. Respecto al ODS 2: Hambre cero, se han planteado varios proyectos centrados en la mejora de sistemas de producción de alimentos tales como invernaderos, piscifactorias o zonas agrarias. La consecución de dichos proyectos se relaciona con las metas 2.3 y 2.4. En cuanto al ODS 3: Salud y bienestar, los proyectos implementados no quedan directamente relacionados con ninguna de las metas pero se enmarcan perfectamente en el objetivo dado su carácter social y relacionado con el bienestar de las personas. Por ejemplo, el primer proyecto se centra en el desarrollo de un sistema inteligente para la gestión de medicamentos para personas mayores mientras que el segundo es un sistema automático de vigilancia por sonido y movimiento de recién nacidos. Por otro lado, respecto al ODS 4: Educación de calidad, cabe destacar el desarrollo de un sistema interactivo de aprendizaje basado en el desarrollo cognitivo que da respuesta a las metas 4.4 y 4.6. Respecto al ODS 6: Agua limpia y saneamiento, varios han sido los proyectos planteados debido a su importancia. Sistemas de automatización de riego en espacios verdes, de saneamiento y gestión de agua para sector ganadero o de adecuación de propiedades para plantaciones de algas son algunos ejemplos de los proyectos desarrollados que quedan relacionados con las metas 6.1, 6.3 y 6.b. En cuanto al ODS 9: Industria, Innovación e infraestructura, el proyecto basado en la automatización de un brazo robot para la clasificación de productos por colores no sólo ha servido para dar respuesta a la meta 9.4 sino también para demostrar al propio alumnado como la mejora de los procesos productivos también proporciona un camino para el desarrollo de los ODS. Respecto al ODS 10: Reducción de las desigualdades,

Tabla 1. Relación entre los proyectos IOT desarrollados y los objetivos de desarrollo sostenible

ODS	Proyectos	Metas
ODS 2: Hambre cero	Sistema automático para la gestión eficiente de invernaderos. Sistema de protección de cultivos agrarios.	2.3, 2.4
ODS 3: Salud y bienestar	Sistema inteligente de gestión de medicamentos para personas mayores. Sistema automático de vigilancia para bebés.	—
ODS 4: Educación de calidad	Sistema interactivo de aprendizaje basado en desarrollo cognitivo.	4.4, 4.6
ODS 6: Agua limpia y saneamiento	Sistema automático de almacenamiento de agua de lluvia. Sistema de gestión automático de las propiedades del agua en plantaciones de algas. Sistema de saneamiento y gestión del agua para sector ganadero o campos de refugiados. Sistemas de automatización de riego en espacios verdes públicos o privados.	6.1, 6.3, 6.b
ODS 9: Industria, innovación e infraestructura	Sistema robotizado para la clasificación de productos por colores.	9.4
ODS 10: Reducción de las desigualdades	Bastón inteligente para invidentes. Mano robótica para la reproducción del lenguaje de signos.	10.2
ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles	Sistema inteligente de gestión de alumbrado en edificios públicos o privados. Sistema eficiente para la gestión del aire acondicionado en edificios públicos o privados. Sistema eficiente para la gestión del agua en edificios públicos o privados.	11.6, 11.b
ODS 12: Producción y consumo responsables	Sistema inteligente para la alimentación de animales en ambientes domésticos o ganaderos.	12.2
ODS 14: Vida submarina	Sistema de control de la calidad y parámetros del agua en acuarios o piscifactorías.	14.2

se han desarrollado dos proyectos relacionados con la meta 10.2. El primero de ellos consiste en el desarrollo de un bastón inteligente para invidentes capaz de determinar si se ha producido una caída y el segundo en la implementación de una mano robótica capaz de reproducir el lenguaje de signos para personas con discapacidad auditiva. Por otro lado, respecto al ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, se han planteado varios proyectos para conseguir mayor eficiencia en los sistemas de alumbrado, sistemas de aire acondicionado y de gestión del agua en edificios públicos o privados que se relacionan perfectamente con las metas 11.6 y 11.b. Finalmente, respecto a los ODS 12: Producción y consumo responsable y ODS 14: Vida submarina, se han planteado sistemas para la gestión eficiente de la alimentación de animales en entornos domésticos o ganaderos y para el control de la calidad y de los parámetros del agua en acuarios y piscifactorías para dar respuesta a las metas 12.2 y 14.2 respectivamente.

5 Conclusiones

Este trabajo de investigación describe la implementación y los resultados obtenidos en la implementación de ABP en la asignatura de Computer Science, parte del grado de IGE de EDEM. Los resultados obtenidos evidencian la adquisición de competencias técnicas (necesarias para construir y desarrollar un demostrador funcional), el desarrollo de habilidades transversales (especialmente la resolución de problemas y la comunicación), y el fomento de la creatividad, el emprendimiento y la sostenibilidad (a través de proyectos orientados a abordar retos y necesidades reales alineados con ODSs). Por su eficiencia, la implantación de esta metodología está alineada con las prácticas promovidas para favorecer la resolución de problemas de manera autónoma y la toma de decisiones eficiente (Sanchis et al., 2020) y para promover una mentalidad emprendedora en estudios de carreras de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (DeCoito & Briona, 2023). En este sentido, los resultados muestran que la iniciativa promueve no solo la adquisición de las habilidades técnicas necesarias para implementar el demostrador, pero también habilidades transversales como la capacidad de comunicación. La mejora experimentada entre los dos actos en la evaluación de la presentación (0.53 sobre 10) está alineada con resultados previos en la literatura (Hidalgo & Sánchez, 2022), que destacan cómo numerosos estudios han manifestado que la metodología mejora las habilidades comunicativas bilingües, así como el uso de las TIC les prepara para el mundo tecnológico dotándoles de recursos, herramientas y estrategias para conseguir un aprendizaje competencial. El material utilizado (guías y plantillas) está disponible como código abierto para facilitar que los resultados sean transferibles a asignaturas de otros cursos. Como punto de mejora, se plantea evolucionar las plantillas y guías y desarrollar una placa personalizada, para que los alumnos dispongan desde el inicio de una solución integrada con una funcionalidad mínima sobre la que iterar. Esto permitiría minimizar el número de prototipos fallidos y ayudaría a los alumnos a centrarse en las propuestas de valor definidas en la fase de ideación. Además, como iniciativa del centro universitario EDEM, se ha planteado extender la actividad a la asignatura Empresa (asignatura del primer semestre de primero de IGE que cubre fundamentos de empresa). El proyecto transversal constaría de una etapa de ideación inicial, común entre la asignatura de Empresa y la de Computer Science. La evaluación de los profesores de Empresa se centraría en la deseabilidad y viabilidad económica de la idea propuesta, y los profesores de empresa la factibilidad de implementación. Seguidamente, los alumnos desarrollarían el prototipo demostrador en la asignatura de Computer Science y el proyecto empresarial en la asignatura de Empresa, de manera que al terminar el primer semestre dispondrían de un producto mínimo viable y un proyecto empresarial para comercializar un producto tecnológico.

Referencias bibliográficas

- Allen, D. E., Donham, R. S., & Bernhardt, S. A. (2011). Problem-based learning. *New directions for teaching and learning*, 2011(128), 21-29.
- Arduino. (2024). *Arduino*. Consultado el 6 de junio de 2024, desde <https://arduino.cc>
- Autodesk. (2024). *Tinkercad - Create 3D digital designs with online CAD*. Consultado el 6 de junio de 2024, desde <https://tinkercad.com>
- Chasanidou, D., Gasparini, A. A., & Lee, E. (2015). Design thinking methods and tools for innovation. *Design, User Experience, and Usability: Design Discourse: 4th International Con-*

ference, *DUXU 2015, Held as Part of HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2–7, 2015, Proceedings, Part I*, 12-23.

- DeCoito, I., & Briona, L. K. (2023). *Fostering an Entrepreneurial Mindset Through Project-Based Learning and Digital Technologies in STEM Teacher Education*. Springer International Publishing.
- Diana, N., Yohannes & Sukma, Y. (2021). The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 012146.
- Foundation, P. S. (2024). *Welcome to Python*. Consultado el 6 de junio de 2024, desde <https://python.org>
- Fraile, F. (2024). *Programming for Engineering and Management*. Consultado el 6 de junio de 2024, desde <https://programming.engineeringcodehub.com/en/latest/index.html>
- Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International journal of educational research*, 102, 101586.
- Hidalgo, D. R., & Sánchez, D. O. (2022). El aprendizaje basado en proyectos: una revisión sistemática de la literatura (2015-2022). *HUMAN REVIEW. International Humanities Review*, 14, 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.4181>
- Nations, U. (2015). *The 17 Goals, Sustainable Development*. Consultado el 6 de junio de 2024, desde <https://sdgs.un.org/goals>
- Notebook, J. (2024). *Project Jupyter*. Consultado el 6 de junio de 2024, desde <https://jupyter.org>
- Nur'aini, D., Kusairi, S., Ali, M., et al. (2022). Impact of The STEM approach with formative assessment in PjBL on students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1), 012044.
- Nurhidayah, I., Wibowo, F., & Astra, I. (2021). Project Based Learning (PjBL) learning model in science learning: Literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), 012043.
- O'grady, M. J. (2012). Practical problem-based learning in computing education. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 12(3), 1-16.
- Sanchis, R., García-Perales, Ó., Fraile, F., & Poler, R. (2019). Low-code as enabler of digital transformation in manufacturing industry. *Applied Sciences*, 10(1), 12.
- Sanchis, R., Mula, J., Cantó, B., García-Sanoguera, D., & Torregrosa, J. I. (2020). Incorporación del aprendizaje basado en proyectos en las titulaciones de grado del Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València. *IN-RED 2020: VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*, 366-376.