

Jornadas de Automática

Aprendizaje basado en proyecto para educación en automática: inmersión completa en la asignatura de Domótica

Manzano, J.M.

Dpto. de Ingeniería, Universidad Loyola Andalucía. Avda. de las Universidades s/n 41704 Dos Hermanas, Sevilla, España.

To cite this article: Manzano, J.M. 2024. Project-based learning for education in automation: complete immersion in the subject of Home Automation. *Jornadas de Automática*, 45. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10879>

Resumen

Este artículo presenta una aplicación innovadora de aprendizaje basado en proyectos (ABP) para la asignatura Domótica en un grado en Ingeniería Mecatrónica y Robótica. El proyecto implica la automatización completa de una vivienda a lo largo del cuatrimestre, proporcionando a los estudiantes una experiencia práctica y directa. El curso se realizó fuera del campus: los estudiantes se dividieron en parejas, cada una responsable de diferentes aspectos de la domotización, incluyendo iluminación, persianas, climatización, control de acceso e integración utilizando plataformas como Home Assistant. Los resultados educativos mostraron mejoras significativas en el conocimiento técnico, el trabajo en equipo, la gestión de proyectos y la resolución de problemas. El enfoque ABP facilitó una comprensión más profunda de los conceptos teóricos mediante su aplicación práctica, promoviendo la innovación y la creatividad. La retroalimentación positiva y los altos niveles de satisfacción entre los estudiantes subrayan la efectividad de este método de enseñanza.

Palabras clave: Educación en control, Domótica, Automática centrada en la persona, Sensores y actuadores inteligentes, Gestión de proyectos

Project-based learning for education in automation: complete immersion in the subject of Home Automation

Abstract

This article presents an innovative application of project-based learning (PBL) for the Home Automation course in a degree in Mechatronics and Robotics Engineering. The project involves the complete automation of a house over the semester, providing students with hands-on, practical experience. The course was conducted off-campus: students were divided into pairs, each responsible for different aspects of home automation, including lighting, blinds, climate control, access control, and integration using platforms such as Home Assistant. Educational results showed significant improvements in technical knowledge, teamwork, project management, and problem-solving. The PBL approach facilitated a deeper understanding of theoretical concepts through their practical application, promoting innovation and creativity. Positive feedback and high levels of student satisfaction underscore the effectiveness of this teaching method.

Keywords: Control education, Building automation, Human centred automation, Smart Sensors and Actuators, Project Management

1. Introducción

1.1. Motivación y contexto

En el ámbito de la educación en ingeniería, se ha demostrado que el aprendizaje basado en proyectos (ABP) es una

metodología altamente efectiva para asimilar competencias y no solo contenidos teóricos (Evenddy et al., 2023). Este enfoque promueve un aprendizaje activo, donde los estudiantes aplican directamente los conocimientos adquiridos a través

de la realización de proyectos prácticos. Al trabajar en situaciones reales, los estudiantes desarrollan habilidades cruciales como la resolución de problemas, la gestión de proyectos, la creatividad y la capacidad de trabajar en equipo (Uziak et al., 2016).

La importancia de *aprender haciendo* radica en la capacidad de los estudiantes para integrar y aplicar conocimientos teóricos en contextos prácticos, lo que resulta en una comprensión más profunda y duradera de los conceptos. Este enfoque no solo mejora la retención de información, sino que también prepara a los futuros ingenieros para enfrentar desafíos del mundo real con confianza y competencia (Prince, 2004). Según Kolb (2014), el aprendizaje experiencial permite a los estudiantes reflexionar sobre sus experiencias prácticas, facilitando una mejor comprensión y aplicación del conocimiento adquirido.

En este contexto, el grado en Ingeniería Mecatrónica y Robótica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Loyola Andalucía contiene una asignatura optativa en el primer semestre de cuarto curso llamada Domótica. En esta, se ha adoptado el enfoque de ABP para el desarrollo de sus contenidos durante el curso 2023/2024. La asignatura consistió en la automatización completa de una vivienda recién reformada. Los estudiantes, divididos en equipos, se encargaron de domotizar diferentes aspectos de la casa.

El proyecto se llevó a cabo fuera del campus universitario, en una vivienda real, lo que añadió una capa adicional de complejidad y realismo a la experiencia educativa. Esta inmersión completa permitió a los estudiantes enfrentarse a desafíos técnicos y organizativos, gestionando no solo la instalación y programación de sistemas domóticos, sino también la coordinación con diferentes departamentos de la universidad para asegurar el cumplimiento de normativas legales y de seguridad.

1.2. Estado del arte

El uso del aprendizaje basado en proyectos en la educación en ingeniería ha ganado popularidad debido a su efectividad en la enseñanza de competencias prácticas y teóricas. Numerosos estudios y experiencias educativas han demostrado los beneficios de esta metodología en diversos contextos y disciplinas.

Un caso destacado es el proyecto realizado en la Universidad de Stanford, donde los estudiantes de ingeniería participaron en la creación de prototipos de dispositivos médicos. Este proyecto no solo les permitió aplicar conocimientos técnicos, sino que también fomentó habilidades de colaboración y resolución de problemas en un entorno realista (Sheppard et al., 2009).

En otro ejemplo, Toyman and Cetin (2019) desarrollaron un simulador de automatización basado en KNX para la formación de estudiantes de ingeniería. En el ámbito de los sistemas de automatización en edificios, el protocolo KNX se ha destacado por su facilidad de instalación, software amigable para el usuario y su capacidad de adaptación a sistemas existentes.

De manera similar, Kataria et al. (2020) describe la experiencia de los autores en el diseño y enseñanza de un curso sobre Fundamentos de la Ingeniería de Automatización, basado en un enfoque híbrido de Aprendizaje Basado en Proyectos.

El desafío propuesto para los estudiantes fue desarrollar una máquina de manipulación de materiales de bajo coste, equipada con funciones básicas de control.

Estos casos resaltan la efectividad del ABP en la educación en ingeniería, permitiendo a los estudiantes no solo aprender conceptos teóricos, sino también aplicarlos en situaciones reales, desarrollando así una comprensión más profunda y habilidades prácticas, como presentó el autor en (Manzano, 2023).

En el contexto de la domótica, la asignatura de la Universidad Loyola se ha inspirado en estos enfoques para ofrecer a los estudiantes una experiencia educativa integral. El proyecto de domotización de una vivienda real ha permitido a los estudiantes enfrentarse a desafíos técnicos y organizativos, desarrollando competencias esenciales para su futuro profesional.

2. Desarrollo del curso

En esta sección se presenta la experiencia llevada a cabo, cuyos resultados se analizarán en la sección siguiente. Se describe el proyecto, y se presentan tanto los aspectos técnicos como los aspectos educativos implicados.

Como se ha mencionado, el desarrollo de la asignatura fue completamente práctico: a lo largo del curso se trabajó en una vivienda recién reformada, lista para habitar, que contenía las instalaciones eléctricas y climáticas, pero nada domotizado. La experiencia consistió en domotizar todo lo posible, a lo largo de un cuatrimestre.

Para el desarrollo del proyecto, se iteró con otros *agentes* implicados: en primer lugar, con la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, a donde pertenece la asignatura. Salir del campus de la universidad en cada clase (dos sesiones a la semana) es delicado, por lo que se establecieron unas condiciones necesarias para obtener el visto bueno de la dirección de la Escuela, a quien el autor agradece. En segundo lugar, se planteó el proyecto con el equipo legal de la Universidad, para estudiar las condiciones oficiales y de responsabilidad bajo las que se encontraban alumnos y profesor en horario lectivo, pero fuera del campus. Por último, se estuvo en constante contacto con el equipo de Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad, para conocer las medidas de necesario cumplimiento, tanto por el desplazamiento como por el manejo de herramientas en un entorno real.

2.1. Aspectos técnicos

Tras una sesión introductoria, se iteró con los alumnos para decidir qué elementos se colocarían. Se decidieron los siguientes grupos: (i) luminarias, (ii) persianas, (iii) aire acondicionado, (iv) calefacción, (v) acceso a la vivienda, e (vi) integración. Entonces, se dividió a los 12 alumnos matriculados en 6 parejas, cada una encargada de un grupo. Hubo más figuras auxiliares (como tesorero, secretario, etc., como se comentará en la siguiente subsección).

Entre todos se acordó una versión definitiva del presupuesto, sujeta a cierta flexibilidad por variación de componentes. Se dedicaron las sesiones iniciales a impartir conocimientos básicos sobre distintas instalaciones domóticas, y una vez llegó el material a instalar, se dedicó lo que restó de curso a

desplegarlo en la vivienda, configurarlo, e integrarlo. En paralelo, el profesor iba ayudando a cada grupo, así como introduciendo conceptos más teóricos o generales, también parte de la asignatura, como son los distintos protocolos domóticos existentes, instalaciones y protecciones en baja tensión, o la redacción de proyectos de instalaciones eléctricas y domóticas, entre otros.

En cuanto a los detalles técnicos de cada grupo, caben destacar dos fases: una de despliegue e instalación de dispositivos, o fase hardware; y una de programación, o fase software.

2.1.1. Fase hardware

La pareja encargada de las luces instaló interruptores Wi-Fi o Zigbee para controlar las luminarias inalámbricamente. Se utilizaron ambos protocolos para mayor experiencia del alumnado. Asimismo, se aseguraron de que se mantenía la capacidad de accionar las luces manualmente, mediante los interruptores físicos ya instalados. El mayor reto consistió en identificar los cables que alimentaban cada circuito, teniendo que pasar por interruptores, bombillas y cajas de registro. Aprendieron asimismo el funcionamiento de interruptores conmutados y de cruzamiento.

El equipo de persianas contaba con una preinstalación de persianas motorizadas, excepto por una de las 8 ventanas de la vivienda, que tuvieron que motorizar. Además, instalaron interruptores Wi-Fi para persianas, similares a los de las luces aunque con dos canales (subida y bajada). Para ello, debían conocer bien cómo es el funcionamiento y cableado de estos motores. Además de ello, instalaron sensores de apertura en las ventanas, y programaron distintas escenas y automatizaciones enfocadas tanto al ahorro de energía como a la simulación de presencia.

El equipo encargado de la calefacción de la vivienda domotizó la caldera. La instalación, ya existente, consistía en una caldera de suelo radiante, que se controlaba originalmente mediante un termostato de radio frecuencia. La instalación contaba con una división en dos sectores (dos bombas a la salida de la caldera); sin embargo, estaban originalmente unidos por un by-pass, no siendo posible controlar los sectores por separado. Los alumnos sustituyeron el termostato por uno Wi-Fi, y, además, realizaron el control de las bombas mediante dos relés Wi-Fi, permitiendo la sectorización de la instalación. Incluyeron en este último punto dos conmutadores, permitiendo asimismo el control manual del suelo radiante.

El equipo de climatización estudió la instalación de aire acondicionado existente. Esta consistía en un circuito de clima centralizado, dividido en cinco sectores, contando cada uno de ellos con bomba exterior y máquina de distribución y control interior. Por restricciones presupuestarias, se decidió domotizar solamente dos de ellos: el del salón y el del cuarto principal. Se instalaron controladores Wi-Fi compatibles con el sistema de integración que se describirá más adelante. En paralelo, este equipo instaló controladores Wi-Fi para algunos ventiladores de techo instalados en las habitaciones, en coordinación con el equipo de luces.

En cuanto al equipo encargado del acceso a la vivienda, estos instalaron una cerradura motorizada, controlada tanto por Wi-Fi como manualmente mediante la llave de la vivienda, una mirilla electrónica con capacidad de videollamada al móvil, así como un telefonillo para abrir el portal del edificio,

también Wi-Fi y con capacidad de videollamada y actuación remota desde el móvil. Instalaron un sensor de apertura de la puerta principal. Fueron los encargados también del cuadro general de protección y mando de la vivienda, donde instalaron medidores inalámbricos de consumo.

Por último, la pareja dedicada a la integración de todas estas funcionalidades desempeñó varias tareas. Por un lado, instalaron altavoces Wi-Fi con capacidad de reconocimiento y procesamiento de voz, para controlar los distintos dispositivos y escenas mediante comandos hablados. Asimismo, desplegaron un *ordenador de a bordo*, mediante una Raspberry Pi, donde instalaron un sistema operativo dedicado a la domótica, Home Assistant, que permitió integrar todos los dispositivos comerciales instalados, aunque fuesen de marcas y fabricantes diferentes. Además, este ordenador habilitó la posibilidad de programación y configuración de funcionalidades avanzadas, como se comentará a continuación.

2.1.2. Fase software

En esta fase, todos los alumnos participaron en la programación de las automatizaciones y escenas en Home Assistant. Home Assistant es una plataforma de código abierto que permite integrar y controlar diversos dispositivos de domótica, proporcionando una interfaz unificada para gestionar el sistema completo.

Cada pareja de alumnos, después de haber instalado sus respectivos dispositivos durante la fase de hardware, procedió a configurar y programar sus componentes en Home Assistant. Este proceso incluyó la creación de automatizaciones que permitieran la interacción entre los distintos sistemas. Por ejemplo, se programaron escenas que combinaban el control de las luces y las persianas para simular presencia en la vivienda cuando los propietarios no estaban. Otra automatización interesante fue la que ajustaba automáticamente la temperatura de la calefacción y el aire acondicionado basándose en la estación del año y la ocupación detectada.

Además de las automatizaciones, los alumnos configuraron escenas específicas que se podían activar mediante un solo comando. Estas escenas incluían configuraciones para diferentes momentos del día, como “Buenos días”, que abría las persianas, encendía las luces en un tono suave y ajustaba la temperatura a un nivel confortable para la mañana; o “Buenas noches”, que cerraba las persianas, apagaba las luces y ajustaba la temperatura para un ambiente de descanso.

Un aspecto destacado de la fase de software fue la integración del control por voz mediante Alexa, de Amazon. Los alumnos instalaron y configuraron altavoces inteligentes en varias ubicaciones de la vivienda, permitiendo el control por voz de todos los dispositivos domotizados. A través de comandos simples, los habitantes podían controlar luces, persianas, calefacción, aire acondicionado y accesos, así como activar las escenas programadas. Esta funcionalidad no solo mejoró la accesibilidad y comodidad de la vivienda, sino que también ofreció a los estudiantes una experiencia práctica en la integración de sistemas de voz con dispositivos domóticos.

Para lograr una integración completa, los alumnos tuvieron que familiarizarse con las habilidades de Alexa y cómo configurarlas en Home Assistant. Aprendieron a crear *intents* y a utilizar la interfaz de Alexa para mapear comandos de voz

a las acciones correspondientes en Home Assistant. Esto incluyó comandos complejos que involucraban varias acciones encadenadas.

Por ejemplo, los sensores de apertura instalados en las ventanas se usaron para programar una aplicación que genera alertas automáticas para el usuario si este enciende calefacción o aire acondicionado, estando una ventana abierta, y viceversa: si abre una ventana estando el clima encendido, propone al usuario apagarlo mediante un botón generado específicamente para ello. Así se integraba por ejemplo uno de los aspectos fundamentales de la domótica: la gestión eficiente de la energía.

2.2. Aspectos educativos

El proyecto de domotización de una vivienda real no solo proporcionó a los alumnos conocimientos técnicos, sino que también abordó múltiples aspectos educativos y habilidades transversales esenciales en la formación de ingenieros de sistemas y automática. Entre otros aspectos, caben destacar:

Aprendizaje basado en proyectos (ABP). Este enfoque permitió a los alumnos aprender haciendo, aplicando directamente los conocimientos teóricos en un proyecto real. Esta metodología fomentó un aprendizaje más profundo y significativo, ya que los estudiantes pudieron ver el impacto directo de su trabajo y comprender mejor la relación entre teoría y práctica.

Trabajo en equipo y liderazgo. La división de los alumnos en parejas para abordar diferentes aspectos del proyecto promovió la colaboración y el trabajo en equipo. Además, se nombró a cada persona encargada de supervisar a otra, de otro grupo, de manera que el profesor no hablaba directamente de luces con el equipo de luces, sino con su encargado. Este enfoque fomentó que todos los alumnos supiesen de todos los aspectos del proyecto y permitió una evaluación por competencias en liderazgo y gestión de proyectos. Los supervisores tuvieron la responsabilidad de coordinarse no solo dentro de sus equipos, sino también con otros encargados, lo que les enseñó habilidades de comunicación, resolución de conflictos y gestión del tiempo, cruciales para su futuro profesional.

Responsabilidad y autonomía. El hecho de que los alumnos trabajaran fuera del entorno tradicional del aula, en una vivienda real, les dio una mayor responsabilidad sobre su aprendizaje y las tareas asignadas. Esta experiencia les ayudó a desarrollar autonomía y responsabilidad, ya que cada grupo debía gestionar sus proyectos de principio a fin, incluyendo la investigación, planificación, gestión del presupuesto, ejecución, resolución de problemas y documentación.

Innovación y creatividad. El proyecto incentivó a los alumnos a pensar de manera creativa e innovadora para resolver los desafíos que surgían durante la domotización de la vivienda. Tuvieron que adaptarse a las limitaciones del presupuesto y buscar soluciones efectivas y eficientes, fomentando así su capacidad de innovación.

Interdisciplinariedad. Los estudiantes no solo aplicaron conocimientos de ingeniería eléctrica y automática, sino que también integraron conceptos de programación, ciberseguridad, gestión de proyectos y diseño de interfaces de usuario. Esta experiencia interdisciplinaria enriqueció su formación y les proporcionó una visión más amplia de los diferentes campos de la ingeniería.

Evaluación continua. A lo largo del cuatrimestre, se realizó una evaluación continua basada en la observación del trabajo práctico, presentaciones periódicas de avances y autoevaluaciones. Este sistema de evaluación permitió identificar y corregir problemas de forma inmediata, asegurando un aprendizaje efectivo y una evolución constante de los alumnos.

Feedback y reflexión. Los estudiantes recibieron feedback constante del profesor y de sus compañeros, lo que les permitió mejorar continuamente. Además, al finalizar el proyecto, se realizó una sesión de reflexión donde los alumnos compartieron sus experiencias, desafíos y aprendizajes, promoviendo una comprensión crítica y una evaluación del proceso completo.

3. Resultados y discusión

El proyecto de domotización llevado a cabo durante el curso tuvo un impacto muy positivo en diversos aspectos, para el profesor y, sobre todo, para los alumnos.

Desde el punto de vista del profesor, la experiencia fue sumamente gratificante. Se observó un alto grado de implicación y motivación por parte de los alumnos desde el primer día en que se planteó el formato de la asignatura. La dinámica de trabajo en un entorno real y la responsabilidad asignada a los estudiantes fomentaron un ambiente de aprendizaje activo y comprometido, lo que facilitó la enseñanza y permitió una supervisión efectiva del progreso de cada grupo. Las encuestas de satisfacción de los estudiantes con la asignatura recogen una evaluación global de media 9,85 sobre 10, con una desviación estándar de 0,34; lo que se considera, en todo caso, unos resultados muy positivos.

El aspecto más destacado del proyecto fue el impacto positivo en el aprendizaje de los alumnos. A través de la metodología de aprendizaje basado en proyectos, los estudiantes no solo adquirieron conocimientos técnicos sobre domótica, sino que también desarrollaron habilidades esenciales como el trabajo en equipo, la gestión de proyectos, y la resolución de problemas. La experiencia les permitió asimilar conceptos de una manera práctica y memorable, asegurando que no olviden lo aprendido.

Un aspecto crucial fue el desarrollo de la habilidad de “aprender a aprender”. Al enfrentarse a desafíos reales y a problemas inicialmente desconocidos, los alumnos se volvieron más conscientes de sus competencias y de su capacidad para resolver problemas complejos. Esta habilidad es fundamental en el campo de la ingeniería, donde los profesionales deben adaptarse continuamente a nuevas tecnologías y situaciones.

La experiencia de domotización completa en la asignatura de Domótica se puede considerar un éxito rotundo. La integración de aspectos teóricos y prácticos en un entorno real proporcionó un aprendizaje significativo y aplicado. La reducción

del presupuesto respecto a empresas comerciales y la alta funcionalidad del sistema final demuestran que los estudiantes no solo aprendieron los conceptos necesarios, sino que también supieron aplicarlos de manera eficiente y efectiva.

Además, el enfoque de liderazgo y supervisión entre pares fomentó una comprensión integral del proyecto, ya que los encargados debían estar al tanto de todos los aspectos, no solo de su área específica. Esto promovió una visión holística del proyecto y permitió una evaluación más completa de las competencias en liderazgo y gestión de proyectos.

Implementar este tipo de docencia basada en proyectos en un entorno real implica un esfuerzo considerable y presenta numerosos desafíos. Es necesario coordinar con múltiples departamentos para obtener todos los permisos necesarios, incluyendo la aprobación del equipo legal de la universidad, cumplir con las normativas de prevención de riesgos laborales (PRL) y asegurar un entorno seguro y adecuado para los alumnos. Sin duda, esto implica que resulte más cómodo limitar la docencia al aula convencional. Sin embargo, es fundamental adoptar métodos de enseñanza innovadores. A pesar de los obstáculos y dificultades que conlleva, los beneficios obtenidos superan con creces los inconvenientes. Los estudiantes adquieren competencias prácticas y habilidades transversales que serían imposibles de lograr en un entorno puramente teórico, resultando en una formación más completa y efectiva.

4. Conclusión

En este artículo se ha presentado una experiencia educativa innovadora en la asignatura de Domótica, implementada en el marco de un proyecto de aprendizaje basado en proyecto. A lo largo del cuatrimestre, los alumnos trabajaron en la domotización de una vivienda real, enfrentándose a desafíos técnicos y organizativos que les permitieron aplicar sus conocimientos teóricos en un entorno práctico. Los resultados obtenidos demuestran que esta metodología no solo mejora la comprensión y retención de conceptos técnicos, sino que también desarrolla habilidades esenciales como el trabajo en equipo, la gestión de proyectos y la resolución de problemas. Los beneficios observados superan ampliamente los retos logísticos y administrativos que implica este enfoque educativo.

En cuanto a trabajos futuros, se propone ampliar este modelo educativo a otras asignaturas del currículo de Ingeniería

de Sistemas y Automática, explorando proyectos en diferentes contextos y aplicaciones tecnológicas. Además, se podría investigar la integración de nuevas tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT), para enriquecer aún más el aprendizaje de los estudiantes. Asimismo, sería interesante realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de este enfoque en la formación profesional de los alumnos, así como su eficacia en comparación con métodos de enseñanza más tradicionales.

Agradecimientos

El autor agradece en primer lugar a los propietarios de la vivienda, por prestarse a ser *ocupada* durante un semestre para el desarrollo de la docencia, así como por destinar el presupuesto para hacerlo posible. Agradece también Escuela Técnica Superior de Ingeniería, y a los Servicios de Legal y de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad Loyola, por las facilidades para llevar a cabo el proyecto. Agradece asimismo a José María Barroso, por las útiles discusiones sobre educación; y a los alumnos de la asignatura Domótica del curso 2023/2024, por su implicación y motivación.

Referencias

- Evenddy, S. S., Gailea, N., Syafrizal, S., 2023. Exploring the benefits and challenges of project-based learning in higher education. *PPSDP International Journal of Education* 2 (2), 458–469.
- Kataria, D., Sanchez, G., Govindasamy, S., 2020. Fundamentals of automation engineering: A hybrid project-based learning approach. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 0020720920928460.
- Kolb, D. A., 2014. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Manzano, J. M., 2023. Aprendizaje basado en proyecto: montaje de un panel domótico. In: *XLIV Jornadas de Automática*. Universidade da Coruña. Servizo de Publicacións, pp. 241–246.
- Prince, M., 2004. Does active learning work? a review of the research. *Journal of engineering education* 93 (3), 223–231.
- Sheppard, S., Macatangay, K., Colby, A., Sullivan, W. M., Shulman, L. S., 2009. *Educating engineers: Designing for the future of the field*. Vol. 9. Jossey-Bass San Francisco, CA.
- Toylan, M. Y., Cetin, E., 2019. Design and application of a knx-based home automation simulator for smart home system education. *Computer Applications in Engineering Education* 27 (6), 1465–1484.
- Uziak, J., et al., 2016. A project-based learning approach in an engineering curriculum. *Global Journal of Engineering Education* 18 (2), 119–123.