

Aprendizaje basado en proyecto: montaje de un panel domótico

Manzano, J.M.*

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

To cite this article: Manzano, J.M. 2023. Project-based learning: building a smart home panel. XLIV Jornadas de Automática, 241-246. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498609.241>

Resumen

Este artículo presenta el diseño y la construcción de un panel dedicado a simular una instalación residencial real de baja tensión, así como su automatización mediante dispositivos para hogares inteligentes. Se presentan diferentes aspectos útiles para la enseñanza de asignaturas de automatización, junto con posibles extensiones futuras que se pueden incluir en el sistema. El proyecto llevado a cabo en el laboratorio de nuestra universidad consistió en el diseño, la compra, la integración y la programación de todos los elementos. Estos pasos fueron realizados por cinco estudiantes de ingeniería de cuarto año. Se proporcionan algunas consideraciones sobre su aprendizaje y las habilidades adquiridas, y se recopilan sus opiniones. Además, se consideran prácticas de laboratorio para los próximos años en este artículo, junto con posibles seminarios sobre automatización del hogar para usuarios no expertos y diferentes líneas de investigación que pueden aprovechar el uso del panel.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, Educación en automática, Equipo de laboratorio, Domótica, IoT

Project-based learning: building a smart home panel

Abstract

This paper presents the design and construction of a panel devoted to simulating a real residential low voltage installation, as well as its automation by means of smart home devices. Different aspects useful for teaching automation units are presented, together with open future extensions that may be included to the system. The project carried out in the laboratory of our university consisted in the design, the shopping, the integration, and programming of all the elements. These steps were carried out by five fourth year engineering students. Some considerations on their learning and skills acquired are provided, and their opinions are collected. Furthermore, future years laboratory practices are considered in this article, together with tentative seminars on home automation for non-expert users, and different research lines that may take advantage of the use of the panel.

Keywords: Project-based learning, Control education, Laboratory equipment, Home Automation, IoT

1. Introducción

En la actualidad, la automatización del hogar se considera a menudo como una disciplina orientada al usuario. Últimamente, está cada vez más disponible para un público no experto, lo cual es un aspecto positivo en cualquier caso. Con la propagación de las tecnologías inalámbricas, los dispositivos para hogares inteligentes que son fáciles de configurar se están volviendo bastante populares, incluso a precios bajos. Por otro lado, consideramos que un enfoque formal y de ingeniería en este campo es una ventaja en términos de habilidades que los estudiantes

con experiencia en automatización, control y mecatrónica pueden adquirir y aplicar.

Enseñar una asignatura dedicada a la automatización del hogar en una carrera de ingeniería no es una tarea trivial. Los temas y los medios en este campo están experimentando cambios enormes y rápidos desde sus bases. No se controla una bombilla automáticamente de la misma manera hace 20 años, ni hace 10 años. Y ambos protocolos, cualquiera que fueran, probablemente se hayan quedado obsoletos en los últimos 10 años, debido a la expansión de las redes inalámbricas. La automatización del

*Autor para correspondencia: jmanzano@uloyola.es
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

hogar es de hecho un campo en constante evolución, y así debe ser la asignatura, a diferencia tal vez de algunas asignaturas fundamentales como cálculo, física o química. Se ofrece un análisis esclarecedor de las buenas prácticas en la educación del control por Rossiter et al. (2018).

Por otro lado, enfatizamos que un enfoque de ingeniería en este campo es crucial. La automatización es una disciplina completa en la educación de los ingenieros. Se puede aplicar a industrias, vehículos, procesos o edificios, por ejemplo. El volumen del mercado de la automatización del hogar está creciendo de forma exponencial (Khedekar et al., 2017), al igual que los productos disponibles. Los expertos en el campo son, por lo tanto, necesarios en cualquier punto de esta cadena: diseñando productos, en el mercado de ventas, diseñando aplicaciones, automatizando los hogares o programando sus funcionalidades.

1.1. Contexto

Nuestra universidad ofrece un Grado en Ingeniería Mecatrónica y Robótica desde 2017. Dentro de esta carrera, una de las asignaturas opcionales que los estudiantes pueden elegir en su cuarto año es Domótica. En los primeros años de impartición de esta asignatura, se solicitó equipamiento de laboratorio a la Escuela de Ingeniería, junto con la Unidad de Formación e Innovación Docente de la Universidad Loyola.

Nuestros ingenieros deben familiarizarse con estas tecnologías y productos emergentes. También es fundamental que desarrollen habilidades en el proceso de automatización, siendo capaces de diseñar un sistema inteligente completo e instalar y configurar físicamente todos los componentes.

Antes de eso, también se requiere un conocimiento suficiente sobre instalaciones eléctricas de baja tensión (domésticas), ya que los sistemas de automatización del hogar se basan en ellas.

Por todo ello, se construyó en los laboratorios de la universidad un panel que simula una instalación eléctrica residencial y su posterior automatización con dispositivos inteligentes, como parte del proyecto de la asignatura de cinco estudiantes. El diseño y la implementación se describen en este documento, junto con una discusión sobre su utilidad futura con fines educativos.

El diseño y la construcción del panel fueron financiados por la Unidad de Formación e Innovación Docente de la universidad, en el marco del proyecto de innovación docente titulado “Construcción de Panel Domótico y Electrificación de la Vivienda”, con una dotación de 800€, a solicitud de los autores.

1.2. Trabajos relacionados

Existen varios estudios que dan crédito del rápido crecimiento del mercado de la automatización del hogar, como por ejemplo Khedekar et al. (2017), o el informe de la Asociación Española de Domótica, CEDOM (2019). La Figura 1 muestra la evolución de las ventas (en millones de euros) de los fabricantes de dispositivos de control y automatización en España.

En consecuencia, trabajos recientes están proponiendo diferentes configuraciones para redes de automatización del hogar, como se revisa en Asadullah y Raza (2016). Maestre (2015) proporciona una visión general de varias tecnologías para la automatización del hogar. Por ejemplo, muchos marcos aprovechan las estructuras de Internet de las cosas (IoT), como por ejemplo Soumya et al. (2016). Se utilizan diferentes protocolos

para redes domóticas inalámbricas, como WiFi (ElShafee y Hamed, 2012), Zigbee (Gill et al., 2009) o Bluetooth Sriskanthan et al. (2002).

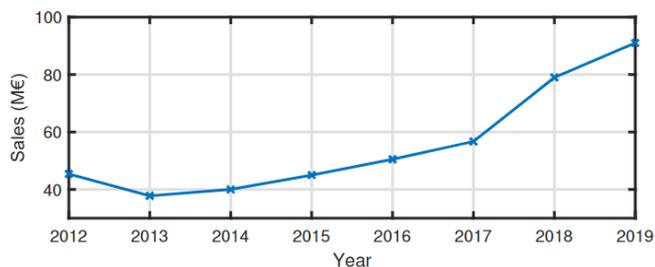


Figura 1: Evolución de las ventas de fabricantes de dispositivos de automatización. Datos de CEDOM (2019)

En cuanto a la educación, un flujo de trabajo orientado a proyectos ha demostrado ser útil al enseñar cursos de automatización, como el presentado por Omar (2018). En la práctica, el uso de paneles para simular a pequeña escala el comportamiento de instalaciones reales es sin duda una forma válida de abordar el proceso de enseñanza. En Mishra et al. (2018), se construye una placa fotovoltaica para ser utilizada como banco de trabajo para el control eléctrico. La Universidad de León ha construido un laboratorio remoto para la educación en automatización Domínguez et al. (2010). Como parte de él, tienen un panel domótico basado en un controlador lógico programable (PLC).

De manera similar, Poongothai et al. (2018) implementaron un laboratorio controlado por voz. Otro equipo de laboratorio basado en dispositivos inteligentes o IoT ha sido diseñado por Minchev y Dimitrov (2020) o Khriji et al. (2020), entre otros.

Otro enfoque interesante en la educación en automatización (o en ingeniería en general) son los laboratorios remotos (Maiti y Tripathy, 2013). Véase, por ejemplo, el laboratorio remoto basado en IoT de Ramya et al. (2020), o el análisis presentado en la Sección 4 de Rossiter et al. (2018), junto con el laboratorio virtual de química de Tatli y Ayas (2013).

Como se mencionó anteriormente, en este artículo se presenta un panel de laboratorio que se asemeja a una instalación de baja tensión y el diseño de una red inalámbrica de dispositivos IoT, como parte del proyecto de la asignatura. Se analizan los detalles técnicos, así como los resultados en los aspectos educativos de los estudiantes.

El resto del artículo se presenta cronológicamente, tal y como se ha llevado a cabo el proyecto. La Sección 2 describe el diseño del panel. La Sección 3 ilustra el proceso de construcción realizado por los estudiantes, y la Sección 4 presenta una discusión sobre su aprendizaje, así como sobre el uso futuro del panel para la educación en automática. En el Apéndice se incluye una encuesta a los estudiantes de la asignatura.

2. Diseño

Esta sección está dedicada a describir los elementos que se adquirieron, el presupuesto y las funcionalidades del panel. El

desarrollo del panel se realizó siguiendo tres condiciones fundamentales:

- El presupuesto del proyecto para construir el panel fue de 800€.
- Se deseaban dos funciones principales en el panel: (i) simular la instalación eléctrica de un hogar típico y (ii) su posterior automatización utilizando dispositivos populares.
- Se debían habilitar futuras prácticas de laboratorio, así como seminarios sobre automatización del hogar utilizando el panel.

En base a esto, el proceso de diseño se dividió en dos fases separadas: la instalación de baja tensión y la automatización de los elementos.

2.1. Instalación de baja tensión

Se simula una instalación básica de baja tensión, que consiste principalmente en iluminación y enchufes, sin necesidad de una configuración de alta potencia.

Para que parezca una vivienda real, la distribución de la red eléctrica debe hacerse de la misma manera que se hace en los hogares: una caja de distribución principal recibiría suministro eléctrico desde la línea principal. Previamente, se debe colocar una caja de protección, en la cual los estudiantes puedan aprender cómo calcular interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos para redes de baja tensión. Este paso ha sido un ejercicio práctico exitoso en relación al segundo tema de la asignatura: instalaciones de baja tensión.

Durante la implementación de este proyecto, hemos aprendido que los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica y Robótica no están familiarizados con la corriente alterna de baja tensión (220V): están acostumbrados a aplicaciones de corriente continua de muy bajo voltaje, como las que usan la mayoría de los microcontroladores. Según uno de los estudiantes:

“Estamos acostumbrados a trabajar con corriente continua de baja tensión, ya que hay varias asignaturas en las que utilizamos Arduino, por ejemplo. Sin embargo, realmente aprecié aprender cómo funciona y se ve la instalación eléctrica en los edificios. Considero crucial como ingeniero en mecatrónica aprender sobre este tema”.

Después de que los cables de línea, neutro y tierra pasen a través de las protecciones, llegan a la caja de distribución principal. Se utilizan tubos de plástico corrugado para cablear la instalación a través del panel, como se requiera en cada terminal. Por lo tanto, las cajas de conexiones individuales contendrán los enchufes, interruptores y portalámparas, como si estuvieran empotrados en la pared. Además, se incluyó en el proyecto una persiana motorizada.

Una representación esquemática de esta etapa se muestra en la Figura 2. Finalmente, se nos ocurrió la idea de incluir un metacrilato transparente delante del panel, que sostendrá los enchufes e interruptores. Por lo tanto, desde el metacrilato hacia el frente, se verá como estamos acostumbrados a ver en casa, mientras que el espacio entre el metacrilato y la placa encierra los conductos que se encuentran detrás de la pared.

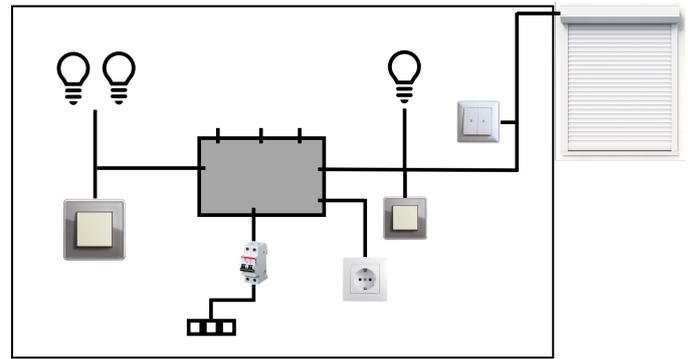


Figura 2: Esquema de la primera etapa del proyecto: instalación eléctrica residencial

2.2. Domótica

Una vez que se establece la instalación anterior, se pretende su automatización mediante dispositivos comerciales. Para ello, se consideran los diferentes elementos domóticos que son más comunes en el mercado.

Como se revisó en la Introducción, existen diferentes protocolos dedicados a la automatización del hogar. En particular, Wi-Fi y Zigbee se están convirtiendo en tecnologías fuertes cuando se trata de domótica, como puede mostrar una búsqueda rápida de dispositivos para el hogar inteligente. Por lo tanto, decidimos incluir dispositivos de ambos protocolos, para aprender cómo utilizar ambos.

Fue responsabilidad de los estudiantes buscar e investigar los elementos que les gustaría incluir.

Los elementos considerados incluyen, entre otros, interruptores, enchufes e interruptores de luz y persiana, tanto para Wi-Fi como para Zigbee. Estos se encuentran típicamente en dos formatos: dispositivos empotrados para conectarse a los botones de pulsación manual, o integrados directamente con el botón.

Al igual que cualquier red de automatización, no solo consistirá en actuadores, sino también en sensores. Consideramos sensores de presencia o movimiento, así como sensores de temperatura y humedad.

Aparte de eso, hay un elemento crucial en la domótica moderna: la integración. Hay muchas marcas que venden dispositivos para el hogar inteligente, pero una instalación adecuada es aquella que puede combinar diferentes aplicaciones en un solo controlador. Existen varias empresas que ofrecen la integración de diferentes vendedores de hogares inteligentes. Por ejemplo, Amazon Alexa, Google Home, Apple HomeKit o IFTTT. Los tres primeros también ofrecen dispositivos (altavoces) para controlar la instalación con comandos de voz (véase, por ejemplo, el trabajo de Poongothai et al. (2018)).

Basándonos en el precio y nuestra experiencia, elegimos un Amazon Alexa Echo-dot para integrar todos los dispositivos, por lo que deberían ser compatibles con esta tecnología. Además, necesitábamos una pasarela Zigbee (también conocido como *hub* o *gateway*) para conectar las redes Zigbee y Wi-Fi, y un teléfono para configurar y controlar los elementos disponibles.

3. Montaje

3.1. División de tareas

Los detalles presentados en la sección anterior fueron los presentados al solicitar el proyecto. Una vez que se concedió, el curso comenzó en septiembre de 2021. Cinco estudiantes se matricularon en la asignatura, con 22 semanas por delante para completar el presupuesto final, realizar las compras y ensamblar todos los dispositivos en el panel.

Como parte del curso, se impartieron algunas nociones básicas sobre gestión de proyectos en las clases. Los cinco estudiantes se organizaron en roles, incluyendo un director de proyecto, un secretario general, un tesorero y supervisores de construcción para las dos fases explicadas en la sección anterior. En cualquier caso, esta división fue meramente anecdótica, ya que los estudiantes sabían que todos debían colaborar en todas las tareas.

Además de eso, aprovechando el hecho de que nuestra universidad utiliza Microsoft Teams como software de gestión y comunicación, creamos un equipo para la asignatura, al que incluimos una pestaña de la aplicación *Planner*. En este planificador, se asignaron las distintas tareas, distribuidas en las diferentes etapas del proyecto. Consideramos que esta es una herramienta fantástica para gestionar este tipo de proyectos. Es muy visual e intuitiva y permite una distribución completa de tareas y responsabilidades. La Figura 3 muestra una captura de pantalla de la pestaña del *Planner*. Los estudiantes fueron responsables de actualizarlo, tachando las tareas completadas o incluyendo nuevas tareas o sub-tareas, según fuera necesario. También pudieron gestionar sus plazos y cronograma de manera sencilla. Según uno de los estudiantes:

“Las tareas relacionadas con organizarnos, asumir responsabilidades y gestionar el proyecto han sido tan útiles como las partes técnicas relacionadas con los dispositivos”.

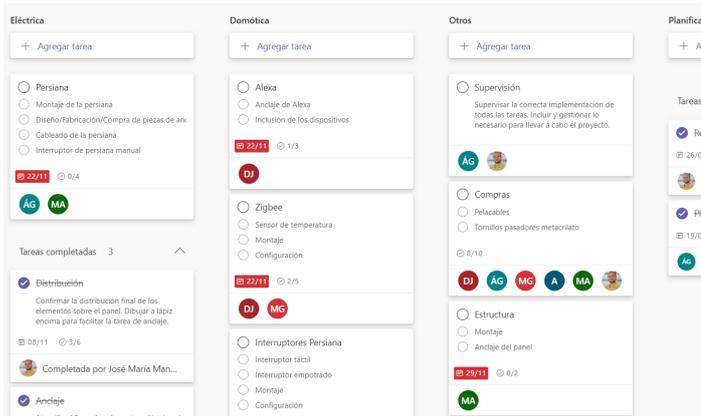


Figura 3: Captura del planificador de Microsoft Teams usado en el proyecto

3.2. Presupuesto

Una vez que se explicó el proyecto, los estudiantes elaboraron un presupuesto teniendo en cuenta todas las especificaciones y requisitos mencionados en la Sección 2.

Después de una primera ronda, quedaron fondos adicionales, por lo que decidimos incluir algunos dispositivos auxiliares, como una guía pasacables, un medidor de consumo eléctrico con conexión Wi-Fi, una cámara con conexión Wi-Fi y un pequeño ventilador.

3.3. Implementación

Todos los elementos llegaron entre octubre y mediados de noviembre de 2021. La compra fue un proceso iterativo, ya que descubrimos algunos elementos necesarios que inicialmente no se tuvieron en cuenta. Ya habíamos previsto esta posible situación, por lo que alrededor del 20 % del presupuesto se dejó sin asignar de antemano.

Los estudiantes han respondido de manera muy activa y entusiasta a este desafío. Dedicamos algunas clases de laboratorio asignadas a este proyecto, pero más de la mitad de las tareas fueron completadas por los estudiantes en su tiempo libre.

El tablero está hecho de madera y mide 120 × 80 cm. La etapa de construcción se organizó de la siguiente manera: primero, un par de estudiantes decidieron la distribución de cada elemento en el tablero. Luego, otros estudiantes atornillaron estos elementos, básicamente las cajas que contendrían las protecciones, bombillas, interruptores y enchufes, junto con los tubos corrugados. Luego, conectaron los cables de acuerdo con las funcionalidades asignadas a cada caja.

Esta parte comprendió la primera etapa, detallada en la Sección 2.1. Aprendieron cómo desplegar una instalación de baja tensión, cómo identificar los cables de fase, neutro y tierra, cómo conectar dos interruptores de tres vías para encender una sola bombilla, e incluso cómo perforar y usar una herramienta rotativa, entre otros. Además, aprendieron a utilizar una impresora 3D, incluido el diseño por computadora de los elementos necesarios (en este caso, varias piezas para sujetar algunos elementos al tablero).

En la segunda etapa, aprendieron cómo los dispositivos inteligentes pueden sustituir o complementar interruptores y enchufes, y cómo instalarlos. Además, aprendieron a configurar redes Wi-Fi y Zigbee, e integraron todos los dispositivos inteligentes en una aplicación de propósito múltiple (en este caso, Amazon Alexa). También aprendieron a programar automatismos configurando rutinas en el software mencionado. Todos los dispositivos de automatización del hogar basados en Wi-Fi que encontramos funcionan únicamente con redes de 2.4 GHz, sin ajustes de credenciales de cliente para la conexión. Por lo tanto, no pueden acceder a la red Eduroam disponible en la universidad (Mulhanga et al., 2011). El departamento de TIC de la universidad configuró una red Wi-Fi auxiliar que incluye un filtro de direcciones MAC, para evitar conexiones no deseadas. Por lo tanto, los estudiantes también tuvieron que aprender a utilizar las direcciones MAC de los dispositivos inalámbricos en red. Esta parte complementó en la práctica el tema teórico sobre redes inalámbricas, que es otro tema de la asignatura.

Todos los dispositivos y aplicaciones están funcionando adecuadamente. Pueden ser controlados tanto con el teléfono como con comandos de voz. En general, los estudiantes han demostrado ser bastante creativos a la hora de diseñar sus propias rutinas y aplicaciones en el panel. La Figura 4 muestra el estado final y actual del panel.



Figura 4: Resultado final del montaje del panel domótico

4. Discusión

En este artículo se presentó el panel de automatización del hogar construido por los estudiantes de Domótica, en su cuarto año del Grado en Ingeniería Mecatrónica. El montaje panel ha sido parte de un proyecto de innovación docente. El proyecto formó parte de la evaluación de la asignatura, correspondiente a algunas de las prácticas de laboratorio del curso.

Los estudiantes han aprendido sobre dos temas distintos: gestión de proyectos y aspectos técnicos. Sus aprendizajes en ambos campos se han analizado a lo largo del artículo cuando correspondía. Además, se realizó una encuesta de evaluación de la asignatura, del profesor y del proyecto a los cinco estudiantes. Los resultados se proporcionan en el Apéndice. Basándonos en las respuestas, concluimos que los resultados del proyecto son satisfactorios, en términos del aprendizaje relacionado con la asignatura.

A partir de ahora, el panel se utilizará en los años siguientes como parte de las prácticas de laboratorio. Aunque el año que corresponde al proyecto ha sido más completo, ya que se han enfrentado al diseño de las funcionalidades y la adquisición de los dispositivos, los años siguientes también son prometedores, gracias a las múltiples opciones y configuraciones que el panel admite. Por ejemplo, se desconectará por completo y se eliminarán las funcionalidades automáticas desde el smartphone y Alexa, por lo que los futuros estudiantes también aprenderán cómo configurar interruptores de varios puntos, cómo diseñar e

instalar protecciones y cómo convertir una instalación doméstica en una automatizada. También se les pedirá que elaboren un presupuesto similar. Asimismo, se pueden realizar seminarios sobre los conceptos básicos de la automatización del hogar para miembros no ingenieros de la comunidad universitaria.

Además, se han propuesto dos trabajos de fin de grado, uno de los cuales está en desarrollo actualmente. Este tiene como objetivo investigar formas factibles de gestionar activamente el consumo de energía en los hogares. Dado el aumento en la factura de electricidad que estamos experimentando últimamente, este tipo de tecnologías se vuelve aún más necesaria. El medidor inteligente del panel puede monitorizar el consumo de electricidad, y se pueden estudiar estrategias de toma de decisiones en tiempo real basadas en datos muestreados, desarrollando políticas de domótica inteligente capaces de adaptar las demandas a los precios y requisitos energéticos.

El segundo proyecto busca implementar técnicas de computación inteligente en la nube, en aplicaciones de domótica. Por ejemplo, Amazon Web Services (AWS) incluye una plataforma de integración IoT con Alexa, por lo que funciones muy complejas se pueden calcular en la nube, basadas en un amplio conjunto de escenarios (pronósticos del clima, hábitos monitorizados de la familia, etc.), lo que permite obtener políticas de control avanzadas de los actuadores presentados. Esto puede llevar, como antes, a un funcionamiento más eficiente de los recursos energéticos de los hogares automatizados.

Como conclusión final, consideramos importante destacar que la domótica desarrollada en este proyecto podría enmarcarse en un nivel de usuario no experto, y la instalación eléctrica puede estar relacionada con habilidades técnicas en instalaciones de baja tensión (cableado, instalación de interruptores automáticos o manejo de motores eléctricos y enchufes). Sin embargo, seguimos considerando que es una gran fuente de conocimiento para los estudiantes de ingeniería. En primer lugar, creemos que los ejercicios prácticos son necesarios para afianzar correctamente los aprendizajes. En segundo lugar, la comprensión de las instalaciones domésticas de baja tensión es crucial para un curso de automatización del hogar. En tercer lugar, el uso de dispositivos comerciales actualizados que son populares en el mercado también es fundamental para mejorar su experiencia y proceso de toma de decisiones como expertos en automatización del hogar en los que se están convirtiendo. Por último, cabe destacar una vez más que esto es solo parte del curso, mientras que en las clases se aborda un enfoque más ingenieril y teórico sobre protocolos importantes y sistemas domóticos.

Apéndice A. Encuestas de evaluación

En este apéndice se presenta una encuesta que los estudiantes realizaron sobre la asignatura, el profesor y el proyecto. La encuesta fue anónima, voluntaria y se realizó cuando se había completado aproximadamente el 80% del curso. Cuatro de los cinco estudiantes respondieron.

En la Tabla A.2 se presentan algunas métricas generales de los participantes. Las preguntas de la Tabla A.1 se repartieron para ser puntuadas del 0 (desacuerdo total) al 10 (totalmente de acuerdo). Se muestra la media (μ) y desviación estándar (σ) de las respuestas.

Tabla A.1: Preguntas y respuestas de la encuesta

	μ	σ
1.- Los conceptos y habilidades prácticas se han abordado con éxito	10	0
2.- Los contenidos de la asignatura son proporcionales a sus créditos	9.75	0.5
3.- Las conferencias y prácticas de laboratorio están bien preparadas, programadas y organizadas	9.75	0.5
4.- El proyecto favorece el aprendizaje de los contenidos más importantes de la asignatura	9.75	0.5
5.- El profesor se preocupa por el grado de comprensión de la asignatura	9.75	0.5
6.- El profesor dirige el desarrollo de las tareas de la asignatura	9.75	0.5
7.- Los recursos utilizados para enseñar la asignatura son apropiados	10	0
8.- El proyecto fomenta un ambiente de trabajo y participación	9.75	0.5
9.- El profesor anima a los estudiantes en su proceso de aprendizaje	10	0
10.- Las actividades propuestas favorecen el trabajo autónomo	9.75	0.5
11.- La información disponible es útil para el aprendizaje del curso	10	0
12.- La enseñanza se ajusta al alcance planificado	9.75	0.5
13.- El procedimiento de evaluación es coherente con los contenidos y actividades realizadas	9.5	0.58
14.- He mejorado mi nivel inicial en relación con las habilidades previstas en la guía docente	9.5	0.58
15.- He comprendido la importancia de la asignatura en relación con mi grado	9.75	0.5
16.- En general, estoy satisfecho/a con la asignatura	10	0

Tabla A.2: Métricas de los encuestados

Edad	×3 21 años, ×1 22 años
Género	×1 masculino, ×3 NC
Número de convocatorias agotadas	×4 0
Interés por la asignatura	×4 Alto
Asistencia a clase	×4 Más del 75 %

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y a la Unidad de Formación e Innovación Docente de la Universidad Loyola, por los fondos aportados para la consecución de este proyecto.

Recursos audiovisuales

Puede encontrarse un vídeo reportaje del proyecto en https://www.youtube.com/watch?v=p9dJOXRv6E4&ab_channel=UniversidadLoyola.

Referencias

- Asadullah, M., Raza, A., 2016. An overview of home automation systems. In: 2016 2nd international conference on robotics and artificial intelligence (ICRAI). IEEE, pp. 27–31.
- CEDOM, 2019. Estudio de mercado. URL: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/publicaciones/cedom-estudio-de-mercado-2019>
- Domínguez, M., Reguera, P., Fuertes, J. J., 2010. Laboratorio remoto para la enseñanza de la automática en la universidad de león (españa). Revista Iberoamericana de automática e informática industrial 2 (2), 36–45.
- ElShafee, A., Hamed, K. A., 2012. Design and implementation of a wifi based home automation system. World academy of science, engineering and technology 68 (2012), 2177–2183.

- Gill, K., Yang, S.-H., Yao, F., Lu, X., 2009. A zigbee-based home automation system. IEEE Transactions on consumer Electronics 55 (2), 422–430.
- Khedekar, D. C., Truco, A. C., Oteyza, D. A., Huertas, G. F., 2017. Home automation—a fast-expanding market. Thunderbird International Business Review 59 (1), 79–91.
- Khrijji, S., El Houssaini, D., Barioul, R., Rehman, T., Kanoun, O., 2020. Smart-lab: Design and implementation of an iot-based laboratory platform. In: 2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). IEEE, pp. 1–5.
- Maestre, J. M., 2015. Domótica para ingenieros. Ediciones Paraninfo, SA.
- Maiti, A., Tripathy, B., 2013. Remote laboratories: Design of experiments and their web implementation. Journal of Educational Technology & Society 16 (3), 220–233.
- Minchev, D., Dimitrov, A., 2020. Laboratory automation system using iot devices. In: 2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA). IEEE, pp. 1–4.
- Mishra, S., Raju, S., Kshirsagar, A., Mohan, N., 2018. An extremely low-cost multi-panel pv emulator for research and education. In: 2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). IEEE, pp. 4760–4765.
- Mulhanga, M. M., Lima, S. R., Carvalho, P., 2011. Characterising university w lans within eduroam context. In: Smart spaces and next generation wired/wireless networking. Springer, pp. 382–394.
- Omar, H. M., 2018. Enhancing automatic control learning through arduino-based projects. European Journal of Engineering Education 43 (5), 652–663.
- Poongothai, M., Sundar, K., Prabhu, B. V., 2018. Implementation of iot based intelligent voice controlled laboratory using google assistant. International Journal of Computer Applications 182 (16).
- Ramya, M., Purushothama, G., Prakash, K., 2020. Design and implementation of iot based remote laboratory for sensor experiments.
- Rossiter, J., Pasik-Duncan, B., Dormido, S., Vlacic, L., Jones, B., Murray, R., 2018. A survey of good practice in control education. European Journal of Engineering Education 43 (6), 801–823.
- Soumya, S., Chavali, M., Gupta, S., Rao, N., 2016. Internet of things based home automation system. In: 2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT). IEEE, pp. 848–850.
- Sriskanthan, N., Tan, F., Karande, A., 2002. Bluetooth based home automation system. Microprocessors and microsystems 26 (6), 281–289.
- Tatli, Z., Ayas, A., 2013. Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. Journal of Educational Technology & Society 16 (1), 159–170.