



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

**Memorias del Programa
de Redes-I3CE de calidad,
innovación e investigación
en docencia universitaria**

Convocatoria
2020-21

**Memòries del Programa
de Xarxes-I3CE de qualitat,
innovació i investigació
en docència universitària**

Convocatòria
2020-21



Satorre Cuerda, Rosana (Coordinación)
Menargues Marcilla, María Asunción; Díez Ros, Rocío; Pellín Buades, Neus (Eds.)

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Vicerectorat de Transformació Digital
Vicerrectorado de Transformación Digital
Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2020-21 / Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2020-21

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Transformació Digital) de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Transformación Digital) de la Universidad de Alicante*

Edició / *Edición*: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcillas, Rocío Díez Ros, Neus Pellin Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ *Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante*


Primera edició / *Primera edición*: desembre 2021/ diciembre 2021

© De l'edició/ *De la edición*: Rosana Satorre Cuerda, Asunción Menargues Marcillas, Rocío Díez Ros & Neus Pellin Buades

© Del text: les autores i autors / *Del texto: las autoras y autores*

© D'aquesta edició: Universitat d'Alacant / *De esta edición: Universidad de Alicante*

ice@ua.es

Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2020-21 / Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2020-21 © 2021 by Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

ISBN: 978-84-09-34941-8

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / *Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

Aquesta publicació s'ha fet seguint les directrius d'accessibilitat UNE-EN 301549:2020 / Esta publicación se ha hecho siguiendo las directrices de accesibilidad UNE-EN 301549:2020.

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels treballs publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva de les autores i dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los trabajos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de las autoras y de los autores.*

41. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN ROBÓTICA DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN AUTOMÁTICA Y ROBÓTICA

G. J. García Gómez¹, A. Bertomeu Motos², M. J. Blanes Payá³, C. A. Jara Bravo¹, D. Mira Martínez¹, I. Paez Ubieta, J. Pérez Alepuz¹, D. Sánchez Martínez

gjgg@ua.es, arturo.bertomeu@ua.es, mjose.blanes@ua.es, carlos.jara@ua.es, damian.mira@ua.es, idlp1@alu.ua.es, jpalepuz@ua.es, d.sanchez@ua.es

¹ Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

² Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos

³ Servicio de Informática

Universidad de Alicante

Resumen (Abstract)

La presente red docente se enmarca dentro del desarrollo y puesta en marcha de metodologías que fomentan un aprendizaje más reflexivo, autónomo, colaborativo, participativo, significativo, basado en el emprendimiento y el aprender a aprender. Se trata de introducir el aprendizaje basado en proyectos en la asignatura Robótica (37801) del Máster Universitario en Automática y Robótica. Esta asignatura se ha impartido durante los 10 cursos anteriores de manera tradicional, es decir, con clases teóricas en formato magistral, donde el profesor impartía los contenidos teóricos en el marco de una presentación oral con preguntas de los alumnos durante la presentación o al final de ésta. Además, se impartían una serie de prácticas guiadas, donde los alumnos afianzaban los contenidos teóricos y adquirían las competencias prácticas de la asignatura. Con

la propuesta del empleo de proyectos para gestionar el aprendizaje del alumno se pretende que sean ellos los que vayan adquiriendo el conocimiento necesario para la resolución de los proyectos. El profesor pasa a ser un guía del proceso de aprendizaje, proporcionando el material necesario para que el alumno pueda continuar con el desarrollo de su proyecto real entendiendo cada concepto teórico implicado en él.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyecto, educación en robótica, enseñanza en ingeniería.

1. Introducció

1.1 Problema o cuestión específica del objeto de estudio

Este documento trata de describir la experiencia adquirida al introducir el aprendizaje basado en proyectos en la docencia de la asignatura de Robótica del Máster Universitario en Automática y Robótica de la Universidad de Alicante. Esta asignatura de 60 horas lectivas se imparte de manera intensiva en 12 sesiones de 5 horas separadas en tres semanas. Esto es un factor importante a la hora de entender el funcionamiento de la asignatura y cómo afectará una metodología de aprendizaje activo como el aprendizaje basado en proyectos en la adquisición de las distintas competencias.

También es importante remarcar el perfil de ingreso de los alumnos que cursan habitualmente este Máster. Aunque mayoritariamente este perfil se corresponde con ingeniería mecánica, industrial, automática o electrónica, también es muy habitual que alumnos con un título de ingeniería informática lo cursen. En realidad, cualquier ingeniería dará acceso a poder estudiar este Máster. La robótica es una asignatura muy transversal, que requiere conocimientos de muchas materias importantes de las ingenierías, como diseño mecánico, cinemática, sensores, control automático, microcontroladores, lenguajes de programación, y desarrollo de algoritmos y software. Estas materias no se imparten de igual forma en las distintas carreras de ingeniería. Así, los ingenieros informáticos tienen un gran conocimiento de lenguajes de programación, desarrollo de algoritmos y software, o incluso microcontroladores, pero no tanto en control automático, sensores, cinemática o diseño mecánico. Con un ingeniero industrial pasa justo lo contrario. Así, los profesores de esta asignatura nos hemos encontrado año tras año con serias dificultades para homogeneizar conocimientos y explicar la materia.

Para poder diseñar una estrategia de aprendizaje activo en esta asignatura, es importante repasar los resultados de aprendizaje requeridos en la memoria verificada del título:

- Desarrollar informes con propuestas de sistemas robóticos que cumplan los requisitos necesarios para su aplicación.
- Identificar el equipamiento que pueden ofrecer distintas compañías y deducir el más adecuado según la aplicación a realizar.
- Desarrollar proyectos de programación de robots según su lenguaje específico.
- Discriminar las ventajas del uso de lenguajes de programación orientados a objetos para la implementación de programas para los sistemas robóticos. Comparar los esquemas software más utilizados para el diseño y desarrollo de controladores de sistemas robóticos.
- Implementar los controladores de movimiento de cualquier sistema robótico para generar programas complejos que resuelvan cualquier tarea. Determinar los esquemas de inteligencia artificial más utilizados en aplicaciones con sistemas robóticos.

Esta asignatura se ha impartido durante los 10 cursos previos de una manera tradicional. Los profesores ponían a disposición de los alumnos una serie de documentos con las diapositivas que posteriormente explicaban en clase. Eran clases de 2.5 horas en las que el alumno era incapaz de seguir el hilo conductor más allá de la primera hora. Estas clases teóricas, se complementaban con clases prácticas, también de 2.5 horas, donde se le proponían ejercicios prácticos de programación de los distintos robots disponibles en el laboratorio de robótica de la Universidad de Alicante (ver Fig.1).



Figura 1. Laboratorio de robótica de la Universidad de Alicante.

Con el objetivo de proporcionar al alumno un aprendizaje activo se ha optado por el aprendizaje basado en proyectos porque es un método docente en el que las actividades de enseñanza y aprendizaje se organizan en torno a un proyecto para lograr los resultados de aprendizaje deseados del curso (Sanchez-Romero

et al., 2019). El profesor pasa a tener un rol de cliente en el que los alumnos forman una pequeña empresa que proporcionará el servicio demandado por el profesor. Los estudiantes, como equipo, trabajan juntos para resolver problemas complejos de ingeniería robótica, participar en la toma de decisiones y demostrar liderazgo en una variedad de tareas durante un período de tiempo para lograr entregables específicos del proyecto. El aprendizaje basado en proyectos se puede utilizar para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, así como para mejorar la participación de los estudiantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje y lograr niveles más altos de implicación (Lacuesta et al., 2009). El aprendizaje basado en proyectos ha permitido también personalizar mucho más el nivel de los resultados de aprendizaje al nivel de entrada de los distintos perfiles ingenieriles de entrada.

1.2 Revisión de la literatura

El Aprendizaje basado en proyectos no es una metodología docente nueva. En (Postman & Weingartner, 1969) se propuso un modelo de enseñanza en el que se abandonaban las clases magistrales y los estudiantes desarrollaban sus habilidades creativas mediante preguntas y problemas abiertos. Estas ideas se aplicaron por primera vez en la Mc Master University (Canadá) y en la Case Western Reserve University School of Medicine (EE. UU.), apareciendo por primera vez la denominación de metodología de aprendizaje basado en problemas. Este método se extendió rápidamente a las universidades europeas en la década de los 70. Es en esta década cuando la Universidad danesa de Aalborg desarrolló un nuevo método derivado del aprendizaje basado en problemas: el aprendizaje basado en proyectos (PBL). Actualmente, el PBL se considera uno de los métodos más adecuados para los nuevos modelos de educación superior basados en el aprendizaje activo (Guo et al., 2020; Bittencourt et al., 2018; Guerra et al., 2017). Con esta metodología, los estudiantes deben asumir una mayor responsabilidad y libertad de acción. Pasarán por un proceso de aprendizaje activo que es necesario para resolver los problemas planteados por el profesor. La enseñanza basada en ABP se basa en el desarrollo de un proyecto que establece objetivos como el desarrollo del

producto final. Su consecución exigirá el aprendizaje de conceptos técnicos y de actitudes. La metodología ABP solo estará en sintonía con los objetivos del EEES si el alumno toma un papel activo en su proceso de aprendizaje.

Una de las principales ventajas de la metodología ABP es que se desarrolla en un entorno real y experimental. Esta circunstancia ayuda a los alumnos a relacionar los contenidos teóricos con el mundo real, mejorando así la adquisición de los conceptos teóricos. Al mismo tiempo, el alumno toma un papel activo en el proyecto y marca el ritmo y la profundidad de su propio aprendizaje, lo cual hace que esta metodología se pueda aplicar perfectamente a grupos con conocimiento de base dispar. El ABP motiva a los alumnos, por tanto, se puede considerar como un instrumento para mejorar el rendimiento académico y la persistencia en los estudios. Además, el ABP crea un marco ideal para desarrollar varias competencias transversales como el trabajo en equipo, la planificación, la comunicación y la creatividad.

La robótica es un campo donde es relativamente fácil proponer proyectos didácticos. Es una asignatura en la que intervienen muchas materias, como el diseño mecánico, la cinemática, la dinámica, los sensores, el control automático, los microcontroladores, los lenguajes de programación o los frameworks para el desarrollo avanzado de software. La interconexión de muchas de las materias enumeradas en un proyecto robótico cualquiera hace que una asignatura de robótica sea idónea para la implantación de una metodología de ABP (Hung, 2002). En efecto, en la literatura, hay varios trabajos como (Ghaleb et al., 2020), (Uvais, 2011) o (Piguet et al., 2002), donde se presentan experiencias relacionadas con la utilización de robots en el marco de ABP.

Es fácil encontrar trabajos relacionados con ABP en los que se describen proyectos que realizan los alumnos para aprender conceptos distintos a la robótica, pero empleando un robot (Carbonaro et al., 2004; Hamblen & Hall, 2004). En (SantCalir et al., 2021) se pueden encontrar casos en elementary schools para los que se utiliza la construcción y programación de un robot con el objetivo de enseñar conceptos de electrónica, mecánica o programación. En la Universidad, el uso del robot en el proyecto ya se va enfocando más a la adquisición de conceptos propios de la robótica (Havenga, 2020; Montagner et al., 2018). Aunque son proyectos muy dirigidos, que dejan poco margen al

alumno para decidir qué camino tomar y cómo desarrollarlo desde cero. Lo más habitual es encontrar trabajos que se enfocan en otra materia relacionada con la robótica como, por ejemplo, la informática industrial, que se enseña a través de la construcción y programación de un robot de 2 grados de libertad con la plataforma Mindstorm de LEGO en (Calvo et al., 2018), o mediante la construcción y control de un prototipo de un robot de bajo coste controlado mediante un joystick en (Hassan, 2015).

1.3 Propósitos u objetivos

El principal objetivo de la red es la implantación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos en la asignatura Robótica (37801) del Máster Universitario en Automática y Robótica. Para ello, se perseguían los siguientes objetivos:

1. Diseñar proyectos que contengan de alguna forma cada una de las competencias que los alumnos de la asignatura deben adquirir.
2. Aplicar la metodología de aprendizaje basado en proyectos en la asignatura.
3. Evaluar la metodología con encuestas a los alumnos.

2. Método

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

Los alumnos matriculados durante el curso en el que se prueba la metodología ABP entran al Máster a través de títulos muy distintos. En la asignatura participaron 23 alumnos. En la Tabla 1 se muestra el perfil de acceso agrupado en función del Título.

Como se ha indicado anteriormente, el perfil de ingreso es relevante, ya que no todos los títulos proporcionan las mismas competencias de base para una asignatura tan multidisciplinar como la robótica. Así, los Ingenieros Robóticos poseen un gran conocimiento de la cinemática y dinámica de los robots, de su programación, así como de su control. Sin embargo, los Ingenieros mecánicos,

por poner otro ejemplo, no disponen de una gran base de programación, pero tienen un mayor conocimiento del diseño mecánico de los robots.

Tabla 1. Perfil de ingreso de los alumnos matriculados en el curso 2020-21 en la asignatura de Robótica.

Título	Número de alumnos matriculados
Ingeniería Robótica	8
Ingeniería Electrónica y Automática Industrial	6
Ingeniería Electrónica Industrial	4
Ingeniería Mecánica	2
Ingeniería Industrial	1
Ingeniería Mecatrónica	1

Sobre esta base y partiendo de los resultados de aprendizaje que se deben alcanzar en la asignatura el profesorado definió 6 proyectos. Para dividir al grupo de 23 alumnos y asignar en grupo uno de los 6 proyectos, se realizó una encuesta inicial al principio de la asignatura. La encuesta consistió en 3 preguntas. La primera preguntaba sobre el conocimiento que se tenía en ese momento de robótica: Estructura del robot, Tipología, cinemática, dinámica, entornos de programación (cuáles), etc. En la segunda pregunta se preguntaba sobre el conocimiento de programación y los lenguajes de programación en los que habían programado. Finalmente, se preguntaba sobre la preferencia de trabajar con un proyecto de robótica industrial o con un proyecto de robótica de servicios.

2.2. Instrumento utilizado para evaluar la experiencia educativa

Una vez realizados los distintos grupos y asignados los proyectos a cada uno de ellos, se comenzó a trabajar sobre el proyecto. La docencia, debido al COVID-19, se organizó de manera dual. De forma que la clase se dividió en 2 grandes grupos. Así, los grupos de trabajo 1,3 y 5 asistían juntos de manera presencial (se puede ver a 3 grupos trabajando con los robots en la Fig. 2). Esto permitió a cada grupo trabajar más fácilmente con los robots. Al mismo tiempo, los demás grupos tenían asignada una sala de Google Meet para cada uno. De forma que si algún grupo necesitaba consultar algo, lo indicaba en un grupo de Whatsapp y en seguida el profesor atendía sus dudas. La presencialidad alternaba de manera diaria, con lo que el funcionamiento fue bastante fluido.



Figura 4. Alumnos trabajando en los distintos proyectos durante las clases de la asignatura.

A continuación se describen los proyectos que se ofrecieron a los alumnos, remarcando los conceptos que permiten trabajar en mayor grado relacionados con los contenidos de la asignatura.

2.2.1. Proyecto 1. Simulación de una celda robótica en CoppeliaSim con un UR3 y envío de las órdenes al robot real.

En este proyecto se propone trabajar con el robot colaborativo UR3 de Universal Robots con el fin de realizar una simulación de una tarea industrial. En primer lugar, para realizar una simulación del proceso, se utiliza el simulador CoppeliaSim. Se hace uso de un sistema de visión integrado en el propio programa que reconoce la pieza, y del módulo de cinemática inversa para el cálculo y programación de trayectorias. El objetivo del proyecto es sincronizar las trayectorias generadas en el simulador, con las del robot real, por lo que un programa en Python se encarga de implementar el controlador del robot real y establecer la conexión entre el robot simulado y el real mediante el uso de Sockets del protocolo TCP/IP. En este proyecto se abordan diferentes estrategias para el control del robot real. De esta forma, se trabajan conceptos de planificación de trayectorias, conceptos de cinemática directa e inversa del robot, aspectos de envío de trayectorias al robot real, de comunicaciones, etc.

2.2.2. Proyecto 2. Simulación de una celda robótica en RobotStudio con dos ABB IRB120 controlada mediante Matlab y envío de las órdenes a los robots reales.

En este proyecto se trabaja con dos robots IRB120 de ABB con el fin de realizar una simulación de una tarea industrial. Se hace uso de un sistema de visión integrado en el propio programa que reconoce la pieza y del módulo de cinemática inversa para el cálculo y programación de trayectorias. Se trabajan conceptos de planificación de trayectorias, conceptos de cinemática directa e inversa del robot, aspectos de envío de trayectorias al robot real, de comunicaciones. Se desarrolla un servidor de RobotStudio que permite conectarlo con Matlab, que es la aplicación desde la que se controla la tarea a realizar.

2.2.3. Proyecto 3. Teleoperación de un robot colaborativo Kinova Mico 2 a través de comandos de teclado: movimientos Cartesiano y articular.

En este proyecto se plantea efectuar el control remoto de un brazo robótico Kinova MICO2 operado a través de teclado. Se debe estudiar el método de control más efectivo de acuerdo con los requerimientos del sistema, teniendo opciones de control en espacio Cartesiano y articular y éstos a su vez por posición o velocidad. Se desarrollan conceptos de cinemática directa e inversa, aspectos del control por posición o velocidad, así como de programación del robot real. Se programa con la API propia del robot, sobre C++.

2.2.4. Proyecto 4. Guiado de un brazo robótico colaborativo UR3 mediante control visual basado en imagen.

El control visual basado en imagen es una técnica de control que permite guiar a un robot únicamente mediante las sucesivas imágenes captadas por una cámara. En este proyecto se desarrolla un sistema de control visual que permite guiar al robot, un robot colaborativo UR3, desde una posición cualquiera a una posición final deseada. Se utiliza un patrón de características para el guiado. Se trabajan conceptos de transformación de coordenadas entre los distintos sistemas de referencia, conceptos de cinemática inversa del robot, aspectos de envío de trayectorias al robot real y sincronización con señales externas para activar la cámara y obtener cada uno de los fotogramas. Todo sobre Matlab, ROS, o a través de una aplicación propia desarrollada en C++, .NET o Python.

2.2.5. Proyecto 5. Construcción de una torre mediante un ABB IRB120 a través de ROS.

En este proyecto se construye una torre con piezas de madera utilizando un robot ABB IRB120. Para ello, se programan los movimientos necesarios del robot desde ROS. Se trabajan conceptos de planificación de trayectorias, conceptos de cinemática inversa del robot, aspectos de envío de trayectorias al robot real, de comunicaciones. Se desarrollan aspectos de ROS a nivel básico y se trabaja en un servidor de RobotStudio que permite conectarlo con ROS.

2.2.6. Proyecto 6. Stop Motion automatizado con un robot ABB IRB120.

En este proyecto se utiliza uno de los ABB IRB120 para generar de manera automatizada cada uno de los frames de un vídeo de stop motion. El objetivo es poder crear este vídeo a través del posicionamiento de los objetos que aparecen en la escena mediante el brazo robótico industrial. Se trabajan conceptos más complejos de planificación de trayectorias, conceptos de cinemática inversa del robot, aspectos de envío de trayectorias al robot real y sincronización con señales externas para activar la cámara y obtener cada uno de los fotogramas. Todo sobre RobotStudio y RAPID.

2.3. Descripción de la experiencia

Con esta base de proyectos se implementó la estrategia de aprendizaje activo basada en proyectos. El funcionamiento de los grupos fue muy bueno. En las primeras sesiones diseñaron las estrategias y posteriormente se dividieron convenientemente el trabajo. Las reuniones diarias con cada uno de los grupos con los profesores permitieron resolver los distintos problemas que se iban encontrando, ajustando el número de personas a la complejidad de cada uno de los subproblemas que había que resolver para la consecución de los objetivos de cada proyecto.

Para complementar la adquisición de los contenidos teóricos se realizaron dos competiciones mediante Kahoot! con cuestionarios online. Las preguntas que aparecían en los cuestionarios eran principalmente de dos tipos: Preguntas de verdadero/falso y preguntas de opción múltiple (4 posibles respuestas). La pregunta se realiza a la vez a todos los alumnos, de forma que cuanto antes se conteste, se obtiene más puntuación. Cuando acaba el tiempo de la pregunta (o todos los alumnos han contestado), se muestra un resumen con la posición hasta ese momento de las 5 mejores puntuaciones globales. Los tres mejores alumnos en cada competición recibieron un premio en forma de puntuación extra para la nota final de la asignatura.

Lo más interesante de las dos competiciones realizadas, sin embargo, es que el profesorado pudo utilizar este cuestionario para, una vez acabado, repasar una a una las preguntas y explicar cada una de las respuestas correctas. Esto ayudó mucho a afianzar conceptos teóricos concretos que resultaban complicados de matizar en el marco de sus proyectos.

3. Resultados

Aunque el mayor interés de esta primera experiencia de ABP en la asignatura no era el de mejorar las notas de los alumnos, se ha realizado un estudio de cómo ha afectado esta metodología en las notas finales. Es importante recalcar que las notas han mejorado, pero no partían de resultados malos que hubiera que mejorar. El principal objetivo de la metodología era el de conseguir una mejor integración de los distintos perfiles de acceso al Máster. Por ello, en los resultados mostraremos también un resumen de la encuesta final realizada, donde los alumnos, libremente y de manera anónima, describían sus principales opiniones acerca de la metodología utilizada en la asignatura.

Comenzamos el análisis de los resultados de la implantación de la metodología ABP hablando de las notas de los alumnos. En la Fig. 2 se puede ver la mejora obtenida en la nota final durante este curso respecto a los cursos anteriores. La distribución normal se ha desplazado hacia el 9/10. Es importante analizar también los datos relativos a las notas de los alumnos en el examen final de teoría. Este examen está compuesto por 20 preguntas de elección múltiple con conceptos teóricos. Las notas durante este año han mejorado mucho (ver Fig. 3). En parte, entendemos que, porque el proyecto los animaba a comprenderlos para seguir avanzando, y en parte por esos dos cuestionarios realizados en Kahoot! El resultado es muy prometedor y deberá ser ratificado en siguientes cursos, pero se observa que el ABP no solo mejora la adquisición de las competencias prácticas de la asignatura (algo que era de prever), sino que también ha mejorado considerablemente la adquisición de las competencias teóricas de la asignatura.

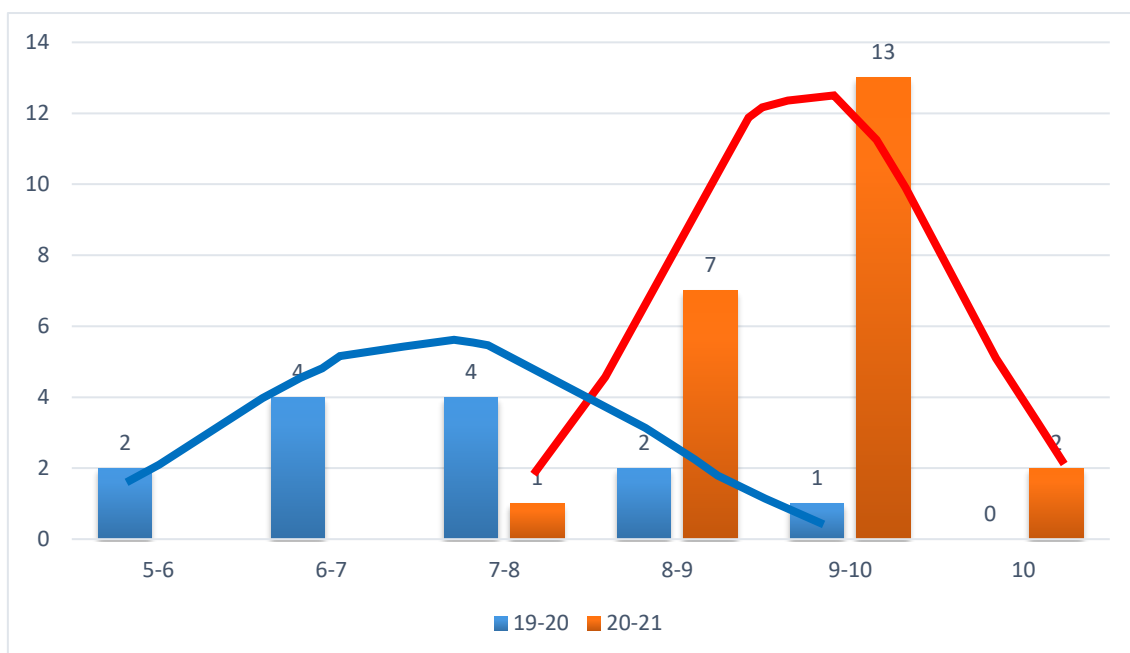


Figura 2. Notas finales de la asignatura en los últimos cursos.

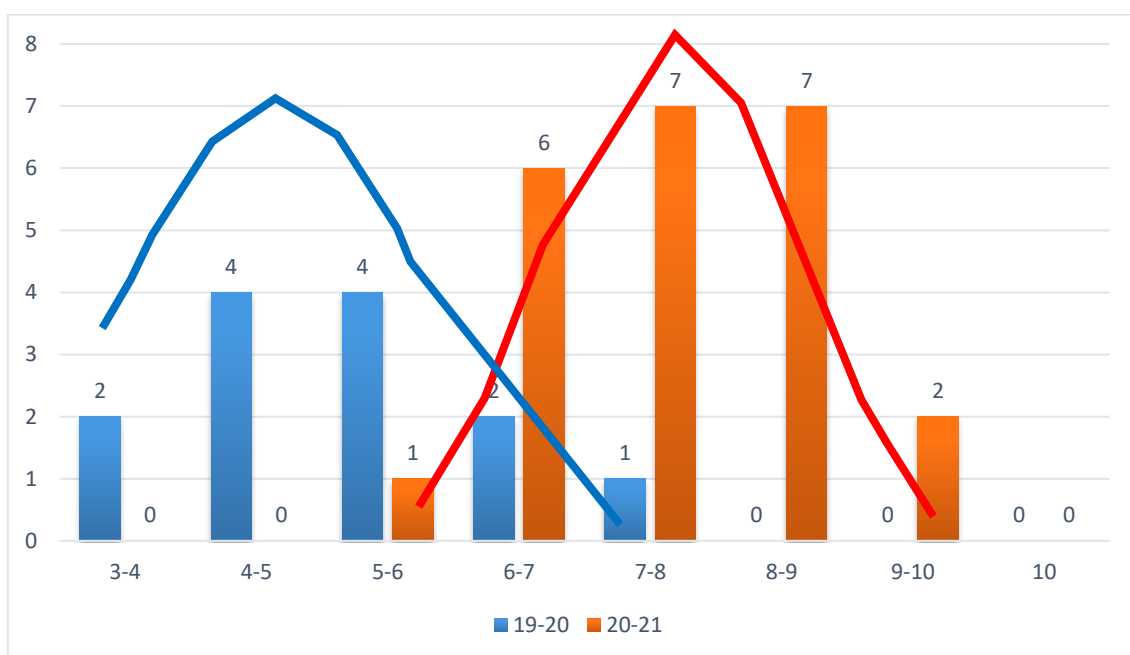


Figura 3. Notas examen teoría de la asignatura en los últimos cursos.

El otro aspecto a analizar tiene que ver con la opinión de los alumnos respecto a la metodología ABP. La encuesta realizada puede verse en su totalidad en la Tabla 3. Aunque no todas las preguntas están íntimamente relacionadas con la metodología, sí que lo están de manera indirecta. Las tres primeras son preguntas concretas sobre el ABP. El modo de respuesta libre ha funcionado

Tabla 3. Encuesta final de la asignatura.

Q1	¿Te ha gustado el formato de docencia de la asignatura utilizando el aprendizaje basado en proyectos?
Q2	¿Te ha parecido más difícil que una metodología clásica?
Q3	¿Te ha despertado más interés por la materia o piensas que menos?
Q4	¿Cómo ha sido la experiencia del trabajo en grupo? ¿Ha habido algún conflicto? Si es así, ¿cómo lo habéis solucionado?
Q5	¿Estás contento con cómo se ha dividido el trabajo entre los componentes del grupo?
Q6	¿Consideras que ha habido mucho desequilibrio a la hora del trabajo realizado por unos y otros?
Q7	¿Consideras que esta asignatura te ha aportado lo que esperabas de ella para tu futuro profesional?
Q8	Si la asignatura no fuera obligatoria para obtener el título, ¿le recomendarías a un amigo tuyo que fuera a hacer el Máster el curso que viene que se matriculara?
Q9	¿Cómo mejorarías la docencia de la asignatura?
Q10	Si ya sabías de robótica... ¿Qué te ha aportado la asignatura? ¿qué has echado de menos?
Q11	Si no sabías de robótica... ¿Consideras que ahora sabrías por dónde empezar a realizar un proyecto de robótica? ¿Qué has echado de menos?
Q12	¿Los profesores han sabido motivarte para mejorar en tus conocimientos de robótica? ¿Han sabido guiarnos en el proyecto?
Q13	¿Qué nota global te pondrías en la asignatura?

muy bien para no coartar el pensamiento del alumno anclándolo a una estructura discreta de las típicas encuestas con respuesta del 1 al 5. En estas tres primeras preguntas queríamos conocer si al alumno le ha gustado la metodología ABP, si le ha parecido más difícil que una metodología tradicional, y si le ha despertado más interés por la materia el hecho de aprender a partir de un proyecto muy concreto. Las respuestas son muy positivas hacia la metodología propuesta. El 95% indica que le gusta el formato de docencia, un 90% afirma que no le ha parecido más difícil que una metodología clásica, mientras que el 100% afirma que el empleo de esta metodología les ha despertado más interés por la materia. En las preguntas Q4, Q5 y Q6, se pretende obtener la opinión respecto al trabajo en grupo. Aspectos como si han tenido algún conflicto y cómo lo han solucionado, o cómo se ha dividido el trabajo y si han detectado algún desequilibrio en la carga de trabajo hacia un miembro del grupo concreto. En este aspecto no se ha indicado problema alguno, el 100% está contento de cómo se ha dividido el trabajo y consideran que no ha habido mucho desequilibrio en la carga de trabajo de los distintos miembros del grupo.

En el bloque de preguntas de la Q7 a la Q11 se cuestiona sobre la asignatura en global, si piensan si aporta lo que esperaban para su futuro profesional, cómo la mejorarían, así como qué opinión particular les merece a aquellos que ya sabían conceptos básicos de robótica y a aquellos que no tenían conocimientos previos. En cuanto a la pregunta Q7, los alumnos contestan afirmativamente de manera general (85%). Sin embargo, es importante recalcar un comentario que ha coincidido en el 15% restante, y es que opinan que les hubiera gustado conocer más detalles de los proyectos realizados por los otros grupos, dado que cada grupo estaba centrado en su propio proyecto y no había tiempo para ver lo que hacía el resto. En este aspecto, es importante anotarlo de cara a mejorarlo en futuras ediciones del curso. Quizás una solución simple sería una sesión de exposición el último día de clase donde cada grupo contara cómo se ha realizado su proyecto. En la pregunta sobre cómo mejorarías la docencia de la asignatura se obtuvo consejos interesantes. El más recurrente fue el de realizar vídeos cortos con temas concretos de teoría para que el que necesite ampliar estos conceptos pueda hacerlo a su ritmo. De las respuestas a las preguntas Q10 y Q11 podemos concluir que la asignatura les ha aportado a los alumnos que ya

sabían de robótica, y que los alumnos que no tenían conocimientos previos se ven ahora capacitados para enfrentarse a un proyecto de robótica. Sin embargo, destacan la necesidad de afianzar mejor los conocimientos teóricos, aspecto que se podría resolver con esos vídeos que ellos mismos indicaban en la Q9.

En la pregunta Q12 se pregunta por la labor de los profesores. El 100% afirma que los profesores han sabido motivarlos para mejorar en los conocimientos de la materia. En cuanto a si han sabido guiarlos con el proyecto, un 10% indica que les hubiera gustado un poco más de guiado al principio del proyecto.

Finalmente, en la última pregunta, se les pide que se pongan ellos mismos una nota global con el objetivo de saber cómo valoran su propio trabajo en la asignatura. Podemos ver notas desde el 6/10 hasta un 10/10 en esta autoevaluación. Pero es verdad que ellos mismos fueron mucho más exigentes de lo que luego obtuvieron en las notas finales de la asignatura.

4. Conclusiones

En general, los alumnos expresaron su satisfacción por la formación recibida a través del proyecto, consideran que han aprendido de forma autónoma, y que han adquirido una experiencia investigadora. Valoran especialmente bien el hecho de trabajar con robots reales y con objetivos parecidos a los que se pueden pedir en el mundo laboral. La mayoría considera que el proyecto elegido ha sido adecuado, y se ha valorado de forma positiva la motivación y la estimulación que les ha producido. En lo que se refiere a las competencias, los alumnos afirman que el proyecto les ha permitido adquirir una experiencia valiosa de trabajo en equipo, que les ha permitido poner en práctica sus propias iniciativas y que no han tenido que seguir ningún guion. Por su parte, el profesorado considera que la metodología ABP es estimulante. El nivel de entendimiento entre el profesor y los alumnos es elevado, y se crea un entorno de aprendizaje marcado por la predisposición de los alumnos. En términos de objetivos docentes, las actividades desarrolladas en el marco del proyecto han superado en cantidad y en profundidad las actividades que se planteaban en las tradicionales prácticas de laboratorio. El carácter abierto del proyecto ha

permitido a los alumnos tener enfoques distintos para sus soluciones, originando así auténticos debates sobre las posibles soluciones. En definitiva, los alumnos se han sentido como verdaderos ingenieros que han participado en la concepción de un sistema complejo.

5. Tareas desarrolladas en la red

A continuación se enumera cada uno de los componentes y se detallan las tareas que ha desarrollado en la red.

Participante de la red	Tareas que desarrolla
G. J. García Gómez	Coordinación de la red. Participación en todas las fases del diseño de la estrategia de ABP y su aplicación en clase.
A. Bertomeu Motos	Definición de proyectos robóticos.
M. J. Blanes Payá	Estudio de la viabilidad como proyectos de software en el tiempo de la asignatura.
C. A. Jara Bravo	Definición de proyectos robóticos.
D. Mira Martínez	Participación en todas las fases del diseño de la estrategia de ABP y su aplicación en clase.
I. Paez Ubieta	Alumno de la asignatura. Realimentación durante las clases del funcionamiento de la experiencia ABP.
J. Pérez Alepuz	Definición de proyectos robóticos.
D. Sánchez Martínez	Alumno de la asignatura. Realimentación durante las clases del funcionamiento de la experiencia ABP.

6. Referencias bibliogràficas

- Bittencourt, A. C., Diniz, A. C., & Macedo S.C. (2018). A review of Problem/Project-based learning approach in engineering education: motivations, results and gaps to overcome. *In: PAEE/ALE, 2018, Brasília. International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 8, 302-308.
- Calvo, I., Cabanes, I., Quesada, J., & Barambones, O. (2018). A Multidisciplinary PBL Approach for Teaching Industrial Informatics and Robotics in Engineering. *IEEE Transactions on Education*, 61(1), art. no. 7976355, 21-28. doi:10.1109/TE.2017.2721907.
- Carbonaro, M., Rex, M., & Chambers, J. (2004). Using LEGO robotics in a project-based learning environment. *The Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 6(1), 55-70.
- Ghaleb, N. M., Almaki, H. M., & Aly, A. A. (2020). Project-based learning of robotics for engineering education improvement. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 10(3), 4395-4424.
- Guerra, A., Ulseth, R., & Kolmos, A. eds. (2017). *PBL in Engineering Education*. Sense Publishers. doi:10.1007/978-94-6300-905-8.
- 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, art. no. 101586. doi:10.1016/j.ijer.2020.101586.
- Hamblen, J., & Hall, T. (2004). Engaging Undergraduate Students with Robotics Design Projects. *In Proceedings of 2nd IEEE DELTA, Australia*, pp. 140-145.
- Hassan, H., Dominguez, C., Martinez, J.-M., Perles, A., Capella, J.-V., & Albaladejo, J. (2015). A Multidisciplinary PBL Robot Control Project in

- Automation and Electronic Engineering. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), art. no. 6895312, pp. 167-172. doi:10.1109%2fTE.2014.2348538.
- Havenga, M. (2020). COVID-19: Transition to Online Problem-based Learning in Robotics -Challenges, Opportunities and Insights. *In Proceedings PAEE/ALE 2020*, 10:339-346.
- Hung, D. (2002). Situated cognition and problem-based learning: Implications for learning and instruction with technology. *Journal of Interactive Learning Research*, 13(4), 393-414.
- Lacuesta, R., Palacios, G., & Fernández, L. (2009). Active Learning through Problem-Based Learning Methodology in Engineering Education. *In Proceedings of the 39th IEEE International conference on Frontiers in Education, San Antonio, USA*.
- Montagner, I. S., Miranda, F. R., & Hashimoto, M. (2018). Customizing rubrics to enable open-themed projects in Robotics and AI. *In Proceedings of PAEE/ALE 2018. International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, Brasília, Brasil*, 8, 376-383.
- Piguet, Y., Mondada, f., & Siegwart, R. (2002). Hands-on mechatronics: Problem-based learning for mechatronics. *In Proceedings of the International conference on Rob. Autom., Washington D.C., USA*.
- Postman, N., & Weingartner, C. (1969). Teaching as a subversive activity. New York: Dell Publishing Co.
- Sanchez-Romero, J-L, Jimeno-Morenilla, A., Pertegal-Felices, M.L., & Mora-Mora, H. (2019). Design and application of project-based learning methodologies for small groups within computer fundamentals subjects. *IEEE Access*, 7, 12456-12466.
- SantClair, G., Godinho, J., & Gomide, J. (2021). Affordable Robotics Projects in Primary Schools: A Course Experience in Brazil. *In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA*, 66-72.
- Uvais, Q. (2011). Fun to learn: project-based learning in robotics for computer engineers. *ACM Inroads* 2,1, 42-45.

Zadok, Y., & Voloch, N. (2018). Applying PBL to teaching robotics. *International Journal of Innovation and Learning*, 24(2), 138-151.