



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encontro Internacional de
Educação em Engenharia ACOFI

Caso de estudio de integración de aprendizaje en el programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga

Nayibe Chio Cho, Óscar Eduardo Rueda Sánchez

**Universidad Autónoma de Bucaramanga
Bucaramanga, Colombia**

Resumen

La enseñanza de la Ingeniería Mecatrónica requiere que se realice de forma diferente a la convencional, esto significa buscar la sinergia que permita a los estudiantes desarrollar competencias profesionales y personales que puedan posteriormente aplicarse en su vida laboral. Este trabajo explica un caso de estudio en relación a un proceso de enseñanza-aprendizaje realizado entre los cursos de Diseño Mecatrónico y Microcontroladores del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

En el curso de Diseño Mecatrónico se aprende sobre la naturaleza iterativa de los procesos de diseño, en los cuales intervienen diferentes disciplinas y saberes. La parte primordial del enfoque mecatrónico reposa en la integración de conocimiento perteneciente a la mecánica, la electrónica, la programación de computadores y la ingeniería de control. Para lograr lo anterior la estrategia pedagógica empleada en el curso es el Aprendizaje Basado en Proyectos. Los estudiantes son divididos en equipos para ejecutar las fases de clarificación, ideación, prototipado y validación aplicados a un dispositivo mecatrónico. El curso de Microcontroladores proporciona los conceptos necesarios para la comprensión, análisis y diseño de sistemas basados en microcontroladores, estos dispositivos son usados en muchas aplicaciones actuales que involucran la automatización, medición, control y monitoreo de variables, este curso aborda el estudio relacionado con el hardware y software para la adecuada programación y aplicación en sistemas que utilizan este tipo de dispositivos. Actualmente los laboratorios de microcontroladores se hacen sobre simuladores y la implementación de los circuitos se realiza conectando los sensores y actuadores en un protoboard, la finalidad de hacer una integración entre los cursos de microcontroladores y diseño mecatrónico, es buscar que en el curso de diseño mecatrónico se realice el diseño y la construcción de estructuras

a escala que emulan una planta relacionada con una aplicación real. En este proceso los estudiantes de diseño mecatrónico pasan por todas las etapas de la creación de un producto como se requiere en un capstone project (proyecto final) adquiriendo y reforzando sus competencias en diseño utilizando sus conocimientos en mecánica, electrónica y programación adquiridos durante toda la carrera puesto que este curso es de octavo semestre. Una vez se tenga el prototipo a escala, los estudiantes de Microcontroladores de Sexto semestre deberán tomar los requerimientos y realizar la programación respectiva.

El resultado de esta experiencia permitirá a los estudiantes adquirir las competencias en los dos cursos, así como desarrollar sus competencias de trabajo en equipo entre estudiantes de diferentes semestres y materias. El programa de ingeniería mecatrónica se beneficiará con la creación de un material didáctico que podrá ser utilizado y mejorado en otros cursos y en semestres posteriores. Este trabajo presenta la experiencia de aula en la aplicación de un proyecto realizado en el curso de diseño mecatrónico y programado por los estudiantes del curso de microcontroladores. Se presenta la estrategia de formación de aprendizaje basado en proyectos, posteriormente se presenta la metodología, finalmente se presenta un análisis de los proyectos realizados y la aplicación de una rúbrica para evaluar a los estudiantes.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; diseño mecatrónico; microcontroladores

Abstract

Teaching in Mechatronics Engineering requires it to be done in a different way than the conventional one. This means to look for the synergy that allows students to develop professional and personal skills that can later be applied in their working life. This work explains a case study in relation to a teaching-learning process carried out between the courses of Mechatronics Design and Microcontrollers of the Mechatronics Engineering program of the Universidad Autónoma de Bucaramanga.

In Mechatronics Design course, students learn about the iterative nature of design processes, in which different disciplines and knowledge are involved. The main part of the mechatronic approach is based on the integration of knowledge coming from mechanics, electronics, computer programming and control engineering. To achieve this, the pedagogical strategy used in the course is Project-based Learning. Students are divided into teams to execute the phases of clarification, ideation, prototyping and validation applied to a mechatronic device. Microcontrollers course provides the necessary concepts for the understanding, analysis and design of systems based on microcontrollers. These devices are used in many current applications involving automation, measurement, control and monitoring of variables. Microcontrollers course addresses the study related to hardware and software for proper programming and application in systems that use this type of devices. Currently the microcontroller laboratory practices are done on simulators and the implementation of the circuits is done by connecting the sensors and actuators on a protoboard. Microcontroller and mechatronics design courses integration ultimate goal is the design and construction of scale structures (plants) that emulate a real application. In this process, mechatronics design students go through all the stages of the creation of a product as required in a capstone project. In this process they acquire



and reinforce their design skills by using their knowledge in mechanics, electronics and programming acquired throughout the academic program, due to the fact that mechatronics design course belongs to the 8th semester. Once the prototype is built, sixth semester Microcontroller students must take the inputs and outputs of the prototype and perform the plant programming.

The result of this experience will allow students to acquire competencies in the two courses, as well as develop their teamwork skills among students from different semesters and subjects. The mechatronics engineering program will benefit from the creation of didactic material that can be used and improved in other courses and in subsequent semesters. This paper presents the classroom experience in the application of a project carried out in the mechatronics design course and programmed by the students of the microcontroller course. The training strategy of project-based learning is presented, then the methodology and finally an analysis of the projects carried out and the application of a rubric to assess the students is presented.

Keywords: *project-based learning; mechatronics design; microcontrollers*

1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la experiencia que se realizó en el programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga con los cursos de Diseño Mecatrónico de octavo semestre y Microcontroladores de sexto semestre. El curso de Diseño Mecatrónico aborda los procesos de diseño en los que intervienen diferentes disciplinas y saberes como es la integración de conocimiento perteneciente a la mecánica, la electrónica, la programación de computadores y la ingeniería de control y el curso de Microcontroladores proporciona los conceptos necesarios para el diseño de sistemas basados en dispositivos programables. La emulación de una planta relacionada con una aplicación real permite que los estudiantes puedan diseñar, construir y programar un proceso. La estrategia pedagógica empleada en los cursos es el Aprendizaje Basado en Proyectos. En el curso de Diseño Mecatrónico los estudiantes se dividieron en equipos para crear la planta (prototipo a escala) basados en una metodología de diseño. En este proceso los estudiantes pasaron por todas las etapas de la creación de un producto como se requiere en un capstone project (proyecto final) adquiriendo y reforzando sus competencias en diseño utilizando los conocimientos adquiridos durante toda la carrera. Así mismo una vez se tuvo el prototipo a escala, los estudiantes de Microcontroladores tomaron los requerimientos de automatización y realizaron la programación respectiva.

La Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Bucaramanga busca trabajar con personas que transfieran sus conocimientos, sean respetuosos de los valores fundamentales de la sociedad y que contribuyan al desarrollo mediante su participación creativa e innovadora en resolver desafíos de la sociedad (Unab, 2022). Resolver estos desafíos no solamente involucran el conocimiento técnico sino espacios que faciliten el desarrollo que permita poner en práctica dichos conocimientos de forma creativa y dentro de un contexto, así como desarrollar habilidades de aprendizaje e innovación y habilidades para la vida y la carrera (P21's Frameworks for 21st Century Learning, 2022)



El desarrollo de estos conocimientos y habilidades se ha formulado aplicando el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el cual es una metodología en educación en la que se crean grupos que puedan generar conocimiento para resolver preguntas o problemas o retos. Este modelo de aprendizaje permite a los estudiantes planificar, implementar y evaluar proyectos. (Avilés et al., 2018; Ata, 2018). Esta metodología busca estudiantes activos, autónomos, reflexivos, cooperativos y responsables (Chua, 2014; Baepler et al., 2014) que desarrollen un proceso y resuelvan un problema o creen un producto basado en el principio del constructivismo, donde los estudiantes participan en forma activa en su proceso de aprendizaje (Kokotsaki et al., 2016; Zancul et al., 2017). Según la literatura algunos desafíos de usar la metodología de aprendizaje basado en proyectos es la escasa experiencia de los estudiantes en estas actividades, el trabajo en equipo, tiempo y organización. (Gratchev et al., 2018; Le et al., 2018; Fuertes et al., 2015).

Se presenta la experiencia de aula en la aplicación de la metodología basada en proyectos en los cursos de diseño mecatrónico y microcontroladores, así como los materiales y métodos usados, los proyectos ejecutados y el análisis de resultados obtenidos.

2. Materiales y métodos

El caso fue realizado con estudiantes de los cursos de Diseño mecatrónico de octavo semestre y de Microcontroladores de sexto semestre. 14 estudiantes del curso de microcontroladores y 15 estudiantes del curso de diseño mecatrónico formaron parte de este proceso. Para el desarrollo de los proyectos, los estudiantes podían hacer uso del Taller de Manufactura, el Laboratorio de Automatización y el Laboratorio de Electrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. El Taller de Manufactura cuenta con torno, taladro, prensador, seguetta, bancos de trabajo manual, impresoras 3D, centro de mecanizado entre otros elementos. En el Laboratorio de Electrónica los estudiantes podían usar sensores, actuadores, sistemas embebidos, equipos de medición como multímetros, osciloscopio, fuentes de alimentación y fuentes de señales y en el Laboratorio de Automatización tenían acceso a los bancos donde hay fuentes de corriente alterna a 100V monofásica, bifásica y trifásica, así como fuentes de corriente continua de 24V, módulos de LEDs, módulos de pulsadores y selectores, junto con controladores lógicos programables.

El semestre académico en la Universidad Autónoma de Bucaramanga es de 16 semanas, con dos evaluaciones parciales, una a la octava semana y otra en la semana 16. La metodología inicia con la presentación del reto a los estudiantes de Diseño Mecatrónico en la primera semana de clase, a partir de esa fecha los equipos tenían 13 semanas para diseñar, construir y validar en lazo abierto el prototipo, para su conexión al microcontrolador. En la semana 13 los estudiantes del curso de diseño mecatrónico tenían que presentar y entregar el prototipo funcionando a los estudiantes de microcontroladores.



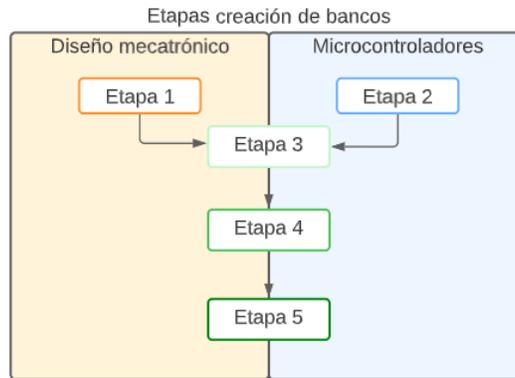


Figura 1. Integración de Aprendizaje

El caso de integración de aprendizaje se llamó “Creación de Bancos” (Figura 1), se tienen dos cursos uno en sexto semestre (microcontroladores) y otro en octavo semestre (diseño mecatrónico), así mismo se tienen varias etapas. En la primera etapa se presentan a los estudiantes de diseño mecatrónico unos lineamientos mínimos de la creación de bancos elaborados por la docente de la materia de microcontroladores de acuerdo a las competencias necesarias del curso. Se presentan 18 opciones de banco a los grupos que estaban conformados entre 2 y 3 estudiantes. Una segunda etapa es la presentación de los proyectos seleccionados por los de diseño mecatrónico a los estudiantes de microcontroladores para que escogieran un proyecto, esta actividad se realizó en la semana 10. La tercera etapa es la presentación de las funcionalidades del banco por parte de los estudiantes de diseño mecatrónico a los estudiantes de microcontroladores en la semana 12, para resolver dudas de estos últimos. La cuarta etapa es la entrega del banco por parte de los estudiantes de diseño mecatrónico a los estudiantes de microcontroladores, la cual fue en la semana 13. Finalmente, la entrega del banco funcional en la semana 16 en cada uno de los cursos, unos haciéndolo funcionar con microcontroladores y otros con PLC.

3. Proyectos

Los lineamientos dados por el curso de microcontroladores hacen que los requisitos para el banco tuviera las siguientes características: No exceder un volumen imaginario de 60x60x60 cm, Construirse en materiales duraderos (no balsa o icopor), Poder montar y desmontar los sensores y actuadores con facilidad, Tener una bornera para conectar un arduino (5 voltios para las entradas y salidas), Se pueden utilizar los elementos electrónicos inventariados que se encuentran en una hoja de Excel de los elementos con los que cuenta el laboratorio de electrónica: Utilizar visualizadores LED, usar tres tipos diferentes de sensores y emplear dos tipos diferentes de actuadores.

En el curso de diseño mecatrónico se desarrolla de la siguiente forma siguiendo la metodología de Solución Creativa de Productos o CPS por su sigla en inglés. Esta metodología sirve para el diseño de servicios y productos y consta de las siguientes etapas:



Figura 2. Etapas de la Solución Creativa de Problemas (HBSO, 2022)

- La etapa de clarificación permite al diseñador informarse e identificar el problema (HBSO, 2022). En esta primera etapa, que se desarrolla en la primera semana de clase, se tomaron los lineamientos del curso de microcontroladores como las necesidades del cliente y al mismo tiempo se presentaron 18 opciones posibles de proyectos, junto con el inventario de sensores y actuadores del laboratorio de electrónica que pueden utilizar en la construcción del prototipo.
- En la segunda semana los grupos conformados por dos o tres estudiantes, basados en sus preferencias, seleccionan los siguientes proyectos a ser desarrollados: Conjunto de ascensores a escala: Construir a escala dos torres de ascensores para un edificio de 5 pisos, Cerradura digital con reconocimiento de huella, Detector/espantador de gatos, Abre cortinas domótico a escala, Puerta automática tipo star trek a escala, Portón automático a escala, Puente levadizo a escala y Lavamanos automático. Para esa semana también se les motiva a realizar preguntas, para continuar clarificando los requisitos del proyecto. Estas preguntas son respondidas tanto por el profesor titular de la materia diseño mecatrónico, como por la profesora a cargo de microcontroladores. Para la siguiente semana se les solicita la elaboración de un cronograma de actividades.
- A partir de la semana 3 hasta la semana 7 se ejecuta la fase de ideación, en ella se plantean las funcionalidades del prototipo, se realiza el diseño conceptual, los cálculos y simulaciones, y el diseño detallado utilizando una herramienta CAD. Con lo anterior se procede a la selección de los elementos electrónicos y mecánicos necesarios para la construcción del prototipo. Desde la semana 8 hasta la semana 11, se realiza la fase de desarrollo que consiste en la construcción y ensamble del prototipo con las partes seleccionadas en la fase anterior. Para la fase de implementación se utiliza la semana 12 en donde se valida el funcionamiento del banco y se presenta a los estudiantes de microcontroladores.
- En la semana 13 la entrega del banco de diseño mecatrónico a microcontroladores se valida en lazo abierto para comprobar la funcionalidad de los elementos con los que habían construido el prototipo. De la semana 14 a la 16, los estudiantes del diseño mecatrónico realizan el programa de PLC para hacer funcionar el prototipo construido.

El curso de microcontroladores se desarrolló de la siguiente manera:

- En la semana 10, los estudiantes seleccionan el banco que van a programar en un sistema embebido. En la semana 12, los grupos de diseño mecatrónico realizan la presentación del

banco, los estudiantes deben levantar los requerimientos para la programación del microcontrolador. Deben entregar un documento con el resumen de la explicación y los siguientes aspectos: Requerimientos, funcionalidad (diagrama de flujo) de operación del prototipo, funcionalidad de uso de usuario, tabla de sensores y actuadores, interacción esperada del programa con sensores y actuadores, operación del usuario, posibles datos de visualización.

- En la semana 13, los estudiantes de diseño mecatrónico entregan el banco demostrando el funcionamiento de sensores y actuadores montados. Los estudiantes del curso de microcontroladores debían entregar un documento que confirmara el funcionamiento del banco, así como las pruebas solicitadas en donde confirmaron que los elementos del banco están acordes con los valores de entradas y salidas que van a programar. Durante las semanas 14 y 15 se realiza la programación y pruebas de funcionamiento y en la semana 16 se sustenta haciendo funcionar el banco y se recibe el informe del proyecto.

4. Análisis y resultados

El curso fue evaluado en forma independiente y además se realizó una encuesta final involucrando a los estudiantes de los dos cursos.

Grupo	T1	T2	Sust.	Inf.	Banco
G1	4	4	20	18	46
G2	4	5	15	14	38
G3	5	4	15	16	40
G4	5	5	15	14	39
G5	5	4	18	14	41
G6	5	5	20	16	46
G7	5	5	15	16	41
G8	5	5	15	18	43
Total	4,8	4,6	16,6	16	41,75

Tabla 1. Notas Microcontroladores

Grupo	Avances	Sustentación	Prototipo	Informe
G1	3,1	4,2	2,0	4,3
G2	4,3	4,7	3,5	3,8
G3	3,9	4,7	3,0	0
G4	3,6	4,5	5,0	0
G5	3,5	4,5	2,7	4,2
G6	3,6	4,0	2,5	0
G7	3,8	4,3	3,3	4,1
G8	2,8	3,0	2,7	3,0
Total	3,6	4,3	3,1	2,7

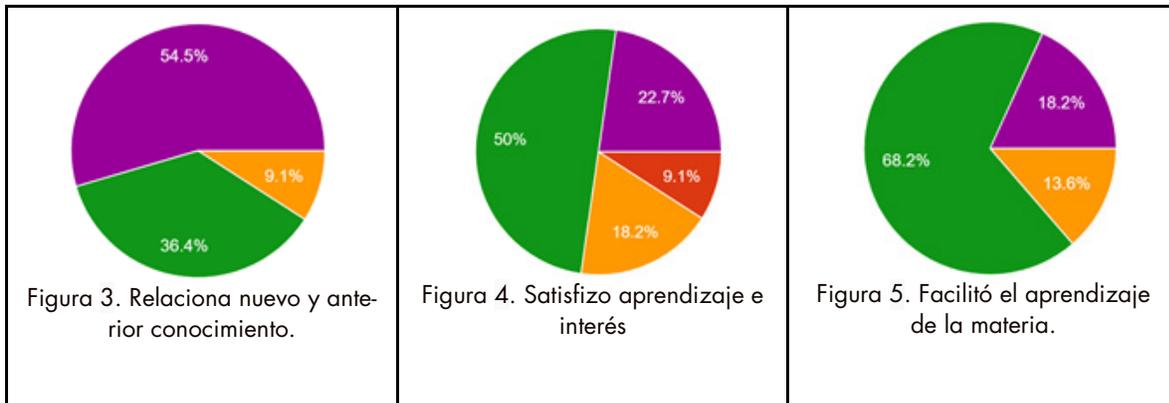
Tabla 2. Notas Diseño Mecatrónico

El resultado en nota se puede observar en la tabla 1 para el curso de microcontroladores, donde el 100% de los grupos realizó las entregas solicitadas. Para la entrega 1 (T1) de la semana 12, el 75% obtuvo el máximo puntaje. En la entrega 2 (T2) el 62.5% obtuvo la máxima calificación. En la sustentación el 25% cumplió todos los objetivos y argumentaron de forma adecuada el banco; 12.5% cumplió los objetivos, pero tuvo fallas en la argumentación y el 62.5% cumplió parcialmente los objetivos. En la evaluación del informe ningún grupo cumplió a satisfacción con todos los puntos solicitados, los puntos bajados fueron en relación a: no había video de funcionamiento o el video no tenía explicación, planos sin dimensiones, la conexión del prototipo con el circuito de control y monitoreo no era una imagen o una figura legible, no había pruebas de validación y había figuras, tablas o gráficas sin ningún tipo de descripción. El promedio de la nota fue de 4.175, la nota mínima fue de 3.8 y la máxima de 4.6.

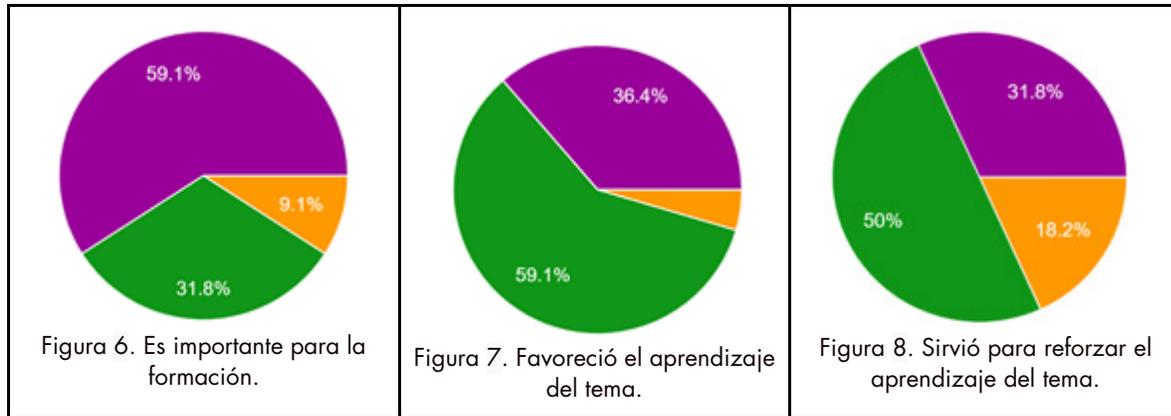


En el caso del curso de diseño mecatrónico, se evaluó semanalmente el cumplimiento de las actividades del cronograma, solicitando evidencias de los avances realizados por medio de presentaciones orales. Al finalizar el curso se les solicitó una sustentación oral de 15 minutos con el resumen de todo el proyecto, un informe y la puesta en funcionamiento del prototipo. Como se puede apreciar en la tabla 2, el 88% de los estudiantes hicieron una buena presentación oral del prototipo, en cuanto a los avances, un 75% cumplieron con el cronograma e hicieron avances significativos en el periodo solicitado. Donde hubo un bajo rendimiento fue en la puesta en funcionamiento del prototipo con el PCL, esto debido a que los estudiantes se orientaron a entregar un prototipo que funcionara con Arduino y no hicieron un buen circuito para el PCL, sólo un grupo pudo poner a funcionar su banco con el autómatas programable. En el informe el rendimiento fue bueno para un 50% de los grupos, un grupo entregó el informe incompleto y el 38% restante no entregó este requisito.

Se realizó una encuesta de evaluación de la actividad que fue enviada a los estudiantes de los dos cursos, 22 estudiantes respondieron la encuesta. Se presentaron 9 preguntas valoradas en la escala de totalmente en desacuerdo (azul), en desacuerdo (rojo), ni acuerdo ni en desacuerdo (naranja), de acuerdo (verde) y totalmente de acuerdo (morado). Para la primera pregunta presentada en la figura 3 el 90.4% estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la actividad le ayudó a relacionar el nuevo conocimiento con los conocimientos anteriores. En la segunda pregunta de la figura 4 el 72.7% estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la actividad cumplió con las necesidades de aprendizaje y despertó interés por el tema. La tercera pregunta de la figura 5, el 86.4% estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la actividad le facilitó el aprendizaje de la materia.



Para la cuarta pregunta presentada en la figura 6 el 90.9% estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la actividad fue importante para la formación. En la figura 7 el 95.5% estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la actividad favoreció el aprendizaje del tema. En la sexta pregunta de la figura 8 el 81.8% estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la actividad reforzó el aprendizaje del tema.



Para la séptima pregunta presentada en la figura 9 en cuanto a lo que más les gustó de la actividad fue la forma de evaluación y los recursos utilizados.

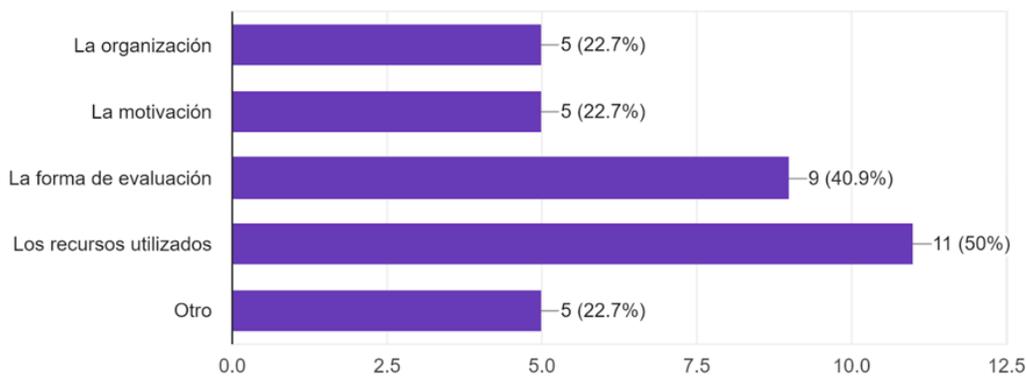


Figura 9. Elementos que le gustaron de la actividad

La octava y novena pregunta eran abiertas en relación a los aspectos positivos y negativos. Los aspectos positivos fueron: “tener una planta o modelo más elaborado para poner en práctica la implementación y desarrollo de códigos, como si se tratase de un reto, fue divertido y sobre todo permitió afianzar los conocimientos de una mejor forma. Las diferentes metodologías y métodos para usarse. Integrar conocimientos de microcontroladores con diseño mecatrónico. Trabajo en equipo. Apropiarse más del tema y del desarrollo del mismo. Es más fácil aprender a resolver problemas que se puedan presentar durante el trabajo para la programación y ayuda a tener una idea de cómo sería un trabajo en equipo en el campo”. Dentro de los aspectos negativos o por mejorar encontramos las siguientes respuestas: “Presentaban ciertas dificultades en realizar las pruebas, por la poca comodidad del prototipo, con pequeños detalles se podía solucionar fácil, pero no correspondía en nuestra labor. Falta de elementos funcionales en el laboratorio, la dificultad de conexión, la entrega tardía de la planta y manejo de los tiempos y dinero”.

5. Conclusiones

A nivel de ejecución del proyecto encontramos que los estudiantes cumplieron con las actividades planteadas, esto se observa en las entregas y notas, donde el 95% realizaron las entregas y solamente el 5% no realizó alguna actividad.

A partir de la encuesta se concluye que los estudiantes adquirieron las competencias en los dos cursos, desarrollaron competencias de trabajo en equipo entre diferentes semestres y cursos

Se crearon unos primeros bancos que serán usados posteriormente para mejorarlos y ser usados en cursos en donde se busque desarrollar competencias específicas sobre un dispositivo real.

Existe gran satisfacción en los estudiantes en que la actividad fue importante para la formación, favoreció el aprendizaje y el refuerzo del tema, facilitó el aprendizaje de la materia, las metodologías y métodos usados, el prototipo, el trabajo en equipo y ayudó a relacionar el nuevo conocimiento con los conocimientos anteriores.

Los estudiantes tuvieron buena percepción en cuanto a la evaluación y los recursos utilizados y se debe trabajar en la motivación, organización y la entrega del prototipo.

6. Reconocimientos

Al programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. A los estudiantes del curso de Microcontroladores y Diseño Mecatrónico del primer semestre de 2022. Microcontroladores: Santiago Alarcón, Juliana Bueno, Julián Carvajal, Miguel Carvajal, Farley Caselles, Valentina Fernández, David Hernández, Jhoan Hernández, Sergio Jaimes, Cristian Patarroyo, Onasis Rodríguez, Andrés Roperio, Andrey Tabares, Kevin Tinoco. Diseño Mecatrónico: Juan Pablo Bautista, Adrian Bernal, Diego Carvajal, Daniel Díaz, Fabian Galvis, Julian Lopez, Maury Macias, Jordy Maldonado, Yeider Osorio, Angel Pérez, Fernando Pérez Juan Diego Polo, Brayan Silva, Gerardo Torres, Carlos Yi.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Avilés, O.F., Hernández, R., and García, J.D. (2018). Project Based Learning Applied to Teaching Mechatronics. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 13, No. 22, pp. 15574-15579.
- Baepler, P., and Walker, J. D. (2014). Active Learning Classrooms and Educational Alliances: Changing Relationships to Improve Learning. *New Directions for Teaching and Learning*, No. 137, pp. 27-40.
- Chua, K. J. (2014). A Comparative Study on First-Time and Experienced Project-Based Learning Students in an Engineering Design Module. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 39, No.5, pp. 556-572.



- Fuertes, G., Vargas, M., Soto, I., Witker, K., Peralta, M., and Sabattin J. (2015). Project-based learning versus cooperative learning courses in engineering students. IEEE Latin America Transactions, Vol.13, No.9, pp.3113-3119.
- Gratchev, I., and Jeng, D. S. (2018). Introducing a project-based assignment in a traditionally taught engineering course. European Journal of Engineering Education, Vol.43, No.5, pp. 788-799.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., and Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. Improving Schools, Vol. 19, No.3, pp.:267–277.
- Le, H., Janssen, J., and Wubbels, T. (2018) Collaborative Learning Practices: Teacher and Student Perceived Obstacles to Effective Student Collaboration. Cambridge Journal of Education, Vol.48, No.1, pp.103-122.
- Zancul, E. S., Sousa-Zomer, T. T., and Cauchick-Miguel, P. A. (2017). Project-based learning approach: improvements of an undergraduate course in new product development. Production, 27(spe), e20162252.

Memorias de congresos

- ATA, Atef. (2018). Project-Based Learning in Mechatronics Engineering: Modelling and Development of a Wheeled Mobile Robot for Fire Fighting. The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS), Vol. 4, pp.198-204.

Fuentes electrónicas

- Harvard Business School Online. (2022, febrero). What is creative problem-solving and why is it important?. Consultado el 6 de junio de 2022 en <https://online.hbs.edu/blog/post/what-is-creative-problem-solving>
- P21's Frameworks for 21st Century Learning (2022, junio). Consultado el 3 de junio de 2022 en <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources#:~:text=P21's%20Frame-works%20for%2021st%20Century,for%2021st%20century%20learning%20outcomes>.
- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2022, junio). Programa de Ingeniería Mecatrónica. Consultado el 5 de junio de 2022 en <https://unab.edu.co/programas/ingenieria-mecatronica>.

Sobre los autores

- **Nayibe Chio Cho:** Ingeniera Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialización en docencia Universitaria de la Universidad Industrial de Santander, Especialización en Automatización Industrial de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Especialización en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana, MBA - Especialidad dirección general del Instituto Europeo de Posgrado-CEU Business School, Maestría en Dirección General de la Universidad Metropolitana de Educación Ciencia y Tecnología, Profesor Asistente. nchio@unab.edu.co
- **Óscar Eduardo Rueda Sánchez:** Ingeniero Mecánico de la Universidad Industrial de Santander, Máster en Desarrollo de Sistemas y Productos de École Centrale de Nantes. Profesor Auxiliar orueda741@unab.edu.co



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

