NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA: CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
13 - 16 DE SEPTIEMBRE 2022 CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI

Proyecto integrador como estrategia pedagógica del curso de automatización industrial del programa de ingeniería mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga: caso de estudio

Nayibe Chio Cho, Hernán González Acuña, Jessica Gissella Maradey Lázaro, Óscar Eduardo Rueda Sánchez

Universidad Autónoma de Bucaramanga
Bucaramanga, Colombia

Resumen

El programa de Ingeniería Mecatrónica adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, concibe dentro de su plan de estudios un grupo de cursos que conforman el núcleo integrador, dentro del cual se desarrolla un proyecto integrador. El núcleo integrador se orienta a la creación de competencias profesionales (i.e relacionadas con el saber hacer) y personales (i.e relacionadas con el ser) en cada una de las líneas de conocimiento propias (automatización, diseño y electrónica) del programa que permitan a los estudiantes dar solución a una problemática propuesta bajo una mirada crítica de la realidad social, científica y profesional.

El proyecto integrador se caracteriza por abordar el desarrollo progresivo del aprendizaje basado en la aplicación de los conceptos fundamentales en cada nivel de la carrera. Para lograrlo, en el inicio de cada semestre/ciclo, el profesorado responsable selecciona temáticas para llevar a cabo el proyecto, las cuales representan un desafío para el estudiante ya que debe dar solución de manera integral, versátil, amigable al usuario/cliente, de fácil implementación y factible económicamente (i.e bajo costo), incluyendo a su vez, el uso de las TIC, programación y dispositivos electromecánicos (i.e PLC's, Actuadores etc.), además de establecer un plan (i.e cronograma) y metodología realizable en el lapso de tiempo de un semestre/ciclo.

Este trabajo pretende reportar la experiencia de aula en la aplicación del núcleo integrador a través de su proyecto integrador ubicado en el séptimo semestre y coordinado en el curso de Automatización Industrial, en este curso específicamente, dada la convergencia y sinergia de las cuatro áreas de la mecatrónica: mecánica, computación, electrónica y control, generando subáreas como simulación, modelamiento de sistemas, sistemas embebidos y sensores. Es un espacio de formación investigativa que involucra a los estudiantes con la realidad, centra su acción en la elaboración de soluciones integrales a un problema, integrando sus conocimientos y desarrollando habilidades para obtener resultados innovadores. Además, pretende mostrar la contextualización sobre el núcleo integrador en el programa de Ingeniería Mecatrónica, y la metodología usada desde el diseño conceptual hasta el desarrollo del producto final teniendo en cuenta estrategias de formación tales como aprendizaje basado en proyectos o aprendizaje basado en retos del núcleo integrador. Finalmente, a través de un análisis de fortalezas y debilidades que han sido observadas a partir de la rúbrica utilizada para la evaluación del núcleo integrador y establecer el plan de mejora para el curso.

Palabras clave: núcleo integrador; aprendizaje basado en proyectos; aprendizaje basado en retos

Abstract

The Mechatronics Engineering program is part of the Faculty of Engineering at Universidad Autónoma de Bucaramanga. Its curriculum is composed by courses that belong to an integrative core, in which the integrative project is developed. The integrative core is oriented to develop professional (related to know-how) and personal skills (related to being) in students by using the program knowledge areas, such as automation, design and electronics. These integrative projects allow students to solve a proposed problem under a critical view of the social, scientific and/or professional reality.

The integrative project is characterized by focusing on the progressive development of learning based on the application of fundamental concepts at each level of the academic program. At the beginning of each semester/cycle, the professor of the integrative core selects the topics for the integrative project to be developed during the semester. This represents a challenge for the students since They must provide a solution in an integral, versatile, user/client friendly, easy to implement and economically feasible way. The project must include the use of ICTs, programming and electromechanical devices (i.e. PLC's, actuators, etc.). In addition the students have to establish a plan (i.e. project schedule) and use a methodology to be implemented in one semester/cycle.

This paper aims to share the classroom experience in the application of the integrative core through the integrative project. This project is developed in the seventh semester and coordinated by the Industrial Automation course. The project is placed in this course, given the convergence and synergy of the four areas of mechatronics: mechanics, computing, electronics and control. It also involves subareas, such as simulation, systems modeling, embedded systems and the use of sensors. The integrative project is also a space for research training; students approach reality by using their criteria, they focus their action on the development of comprehensive solutions to a real problem, integrating their knowledge and developing skills to propose innovative solutions. In addition, the

project aims to highlight the integrative core in the Mechatronics Engineering program. The methodology allows the students to go from the conceptual design to the development of the final product taking into account training strategies such as project-based learning or challenge-based learning of the integrative core. Finally, through an analysis of strengths and weaknesses that have been observed from the assessment rubric, faculty members establish and improvement plan for the course.

***Keywords**: integrative core; project-based learning; challenge-based learning*

1. Introducción

El programa de Ingeniería Mecatrónica adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga está alineado al proyecto educativo institucional y a su modelo de formación que define como valor fundamental el desarrollo humano, la autonomía, el desarrollo de las dimensiones de la persona propiciando el logro de las competencias, el aprendizaje significativo de los saberes disciplinares, profesionales y de contexto, la comunicación y creatividad como estrategia de formación y la incorporación de tecnologías de la información y comunicación en los procesos de enseñanza, aprendizaje y construcción del conocimiento (UNAB, 2022).

La estructura curricular en la Universidad Autónoma de Bucaramanga se encuentra organizada por componentes de formación: básico, específico, flexible, socio humanístico, bienestar universitario e instrumental (UNAB, 2022). El componente específico comprende los conocimientos y actividades académicas que forman habilidades y destrezas para el ejercicio profesional, dentro de dicho componente se tiene el curso de Automatización Industrial ubicado en el séptimo semestre y el cual es el curso anfitrión del proyecto integrador.

En los núcleos integradores se desarrollan las competencias para cada una de las líneas de conocimiento propias del programa, con el objetivo de incrementar en forma progresiva la aplicación de los conceptos obtenidos en cada nivel de la carrera. Los proyectos integradores en cada núcleo son un rasgo característico del programa e innovador en el momento de su creación. En cada semestre se proponen proyectos en donde se desafía a los estudiantes a resolver una problemática y en la búsqueda de la solución los estudiantes incluyen el uso de las TICs y dispositivos electromecánicos. (UNAB, 2022). El curso de automatización industrial involucra sinérgicamente las cuatro áreas de conocimiento de la mecatrónica: mecánica, control, computación y electrónica, así como las subáreas de simulación, modelos de sistemas, sistemas embebidos y sensores.

Para lograr el objetivo, la estrategia de formación usada es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el cual permite a los estudiantes la integración y aplicación de conocimientos para desarrollar las competencias propias de su nivel de formación.

El aprendizaje basado en proyectos es una estratégia colaborativa constructivista de aprendizaje centrada en quien aprende, donde los estudiantes trabajan en grupo para construir su aprendizaje y ganar experiencia en los contenidos del curso. El objetivo final de esta estratégia pedagógica es

que los estudiantes creen un dispositivo que demuestre su dominio del tema cubierto por los cursos donde se aplica. (UVU, 2016)

En el aprendizaje basado en proyectos, los estudiantes se comprometen a resolver problemas reales y significativos que son importantes para ellos de la misma manera que lo hacen los científicos, matemáticos, ingenieros o investigadores. El ABP permite a los estudiantes investigar, formular preguntas, elaborar hipótesis y explicaciones, discutir sus ideas, confrontar las ideas de otros y ensayar nuevas soluciones. (Krajcik, 2012)

Las etapas del ABP son cinco: Reflexión, Investigación, Descubrimiento, Aplicación y Comunicación. (Laboy-Rush, 2011)

En la etapa de reflexión se le plantea al estudiante el contexto del problema (Fortus et al., 2005) para que halle una justificación. En la investigación, el estudiante hace la búsqueda para encontrar información relevante (Diaz y King, 2007) para construir un estado del arte y determinar un marco teórico. En la etapa de descubrimiento se elaboran las posibles soluciones basadas en el conocimiento propio de los estudiantes (Fortus et al., 2005). En la aplicación se modelan las soluciones que resuelvan el problema teniendo en cuenta los requerimientos (Satchwell & Loepp, 2002). En la etapa de comunicación el proyecto es presentado a los evaluadores para recibir retroalimentación utilizando una rúbrica de evaluación (Satchwell y Loepp, 2002).

Este trabajo tiene el objetivo de mostrar la experiencia del proyecto integrador realizado bajo la metodología de aprendizaje basado en proyectos. Esta experiencia se realizó en el curso integrador de Automatización Industrial de séptimo semestre, el cual involucra un problema real en el que tienen que demostrar sus conocimientos, destrezas y habilidades.

2. Materiales y métodos

El proyecto integrador consta de etapas y participantes (docentes y estudiantes). Una primera etapa (Figura 1) es la construcción de la ficha de proyecto integrador y la rúbrica de evaluación realizada por los docentes involucrados en el curso (Ing. Mecatrónico (1), Ing. Electrónico (1) e Ing. Mecánico (1)).

Figura 1. Etapa 1 Creación de proyectos y su valoración

La segunda etapa (Figura 2) es la socialización de la ficha y el trabajo que deben realizar los estudiantes, el cual incluye la identificación de proyectos, conformación de equipos, selección del proyecto, ejecución del proyecto, presentación de avances, presentación final y entrega de documentación.

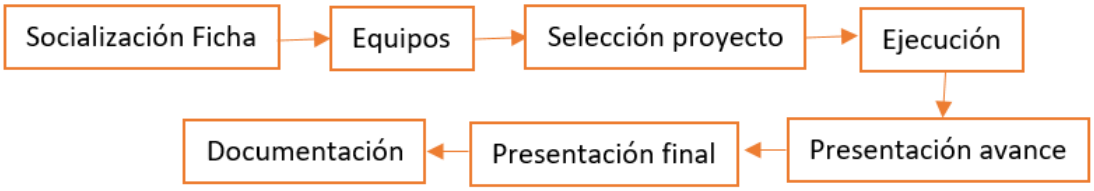

Figura 2. Etapa 2 Ejecución de los proyectos

La última etapa son las dos evaluaciones que se realizan en el transcurso del semestre. El semestre académico consta de 16 semanas con dos momentos de evaluación, uno en la semana 8, que es el seguimiento del proyecto, y otro en la semana 16, que es la sustentación final. Los grupos conformados entre uno y cuatro estudiantes se presentan en un tiempo de 20 minutos.

El caso de estudio fue realizado con 88 estudiantes (Tabla 1) del curso de automatización industrial entre el segundo semestre del 2020 y el primer semestre del 2022. Para el desarrollo del proyecto integrador, los estudiantes podían hacer uso del Taller de Manufactura, el Laboratorio de Automatización y el Laboratorio de Electrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Año	Proyectos	Estudiantes
2020-2	8	21
2021-1	12	30
2021-2	6	17
2022-1	6	20

Tabla 1. Distribución por semestre de estudiantes y proyectos

3. Proyectos

Los lineamientos presentados a los estudiantes del proyecto integrador incluyen la elaboración de un objetivo general, objetivos específicos, descripción del problema y el cronograma de entregas que deben realizar. De la tabla 1, podemos observar que se han planteado 32 proyectos.

- En el objetivo general se plantea el diseño de un sistema mecatrónico que permita realizar una actividad de forma automática en áreas como la producción, fabricación, construcción, inspección, salud o equipos domésticos. Cada grupo plantea una propuesta que debe ser aprobada por el docente del curso de Automatización Industrial, quien es el líder del proyecto integrador.
- Los objetivos específicos están alineados a la propuesta aprobada, que debe incluir el cálculo de diseño mecánico, el modelamiento del sistema mecánico, la selección de materiales, la selección de la instrumentación, controlador y actuadores, el lenguaje de programación, el diseño electrónico, el diseño del control, simulación, validación y documentación.

- La descripción del problema se presenta de forma general. Al final, se requiere que los estudiantes diseñen un sistema electromecánico que permita manipularse mediante autómatas programables o sistemas embebidos, implementando una Interfaz Humano Máquina (HMI). Dicho sistema debe integrar, además de los conocimientos adquiridos durante semestres previos, los conocimientos de las asignaturas vistas en el semestre que son sistemas flexibles de manufactura, control avanzado y robótica. Finalmente, el desarrollo del proyecto se plasma en la elaboración de un documento tipo artículo IEEE.
-

Año	Proyectos	Robótica	Procesos	Máquinas/Dispositivos
2020-2	8	1	6	1
2021-1	12	4	3	5
2021-2	6	1	3	2
2022-1	6	1	3	2

Tabla 2. Distribución de proyectos y áreas

De los 32 proyectos presentados en la tabla 2, en el área de robótica se han planteado 7 proyectos, en el área de máquinas y dispositivos se han propuesto 10 proyectos y en el área de procesos se han presentado 15 propuestas.

En el área de robótica se han propuesto proyectos de limpieza y desinfección, brazos robóticos, robots paralelos, seguidores de línea y un robot solucionador de un cubo rubik. En la figura 3 se tiene un ejemplo del proyecto integrador del primer semestre de 2022 realizado por los estudiantes Brayan Vega, Edwin Díaz, Jhoan Niño y Sergio Motta.

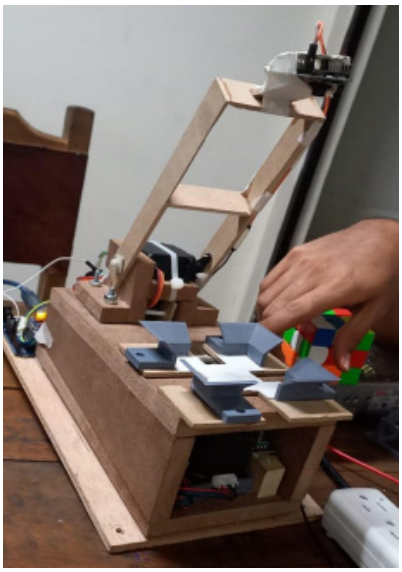

Figura 3. Robot Solucionador de una cara del cubo Rubik 3x3

Para el área de máquinas y dispositivos se han planteado dispensadores de medicamentos, de alimentos para mascotas, desmontaje de válvulas de motores a combustión, control de anti balanceo de cargas suspendidas, máquina de llenado de aromatizantes, seguidor solar para alumbrado público, control de un péndulo invertido, control de oscilación en cargas penduradas y sopladora de plástico. En la figura 4 se tiene un dispensador de alimentos para mascotas realizado en el primer semestre del 2022 por los estudiantes Jorge Rincón, Valentina Valderrama, Luis Felipe Trigos y David Chaparro.

Figura 4. Alimentador automatizado para mascotas caninas

Finalmente en el área de procesos se han presentado para el llenado y envasado de botellas PET, entrega de elementos en una planta industrial, ubicadora de paquetes en distribuciones matriciales, empacadora y selladora de granos de café, centro de acopio de paquetes, proceso de lavado, selección y empaquetado de papas, proceso de empacado de sacos, llenado de cerveza, control de calidad sobre productos enlatados, proceso de estampado, fresadora CNC, clasificación de huevos, clasificación de carretes de color y CNC para realización de PCB.

4. Análisis y resultados

Se presenta el análisis de 4 semestres, desde el segundo semestre del 2020 al primer semestre del 2022 con dos tipos de rúbricas implementadas.

Año	Proyectos	No entregaron (NE) Semana 8	No entregaron (NE) Semana 16	%NE Semana 8	%NE Semana 16
2020-2	8	4	2	50	25
2021-1	12	1	1	8.3	8.3
2021-2	6	2	2	33.3	33.3
2022-1	6	0	1	0	16.7

Tabla 3. Número y Porcentaje de proyectos no presentados

De los 32 proyectos planteados, 5 proyectos no realizaron ningún tipo de entrega y 3 proyectos no presentaron una entrega, por lo tanto, el 75% de los proyectos realizaron todas las entregas, 15.6% no realizó ninguna entrega y 9.4% entregaron parcialmente actividades de evaluación.

En la tabla 3 se puede observar el detalle por semestre en la entrega de la semana 8 y la semana 16, se han obtenido mejores resultados con los estudiantes del primer semestre en cada año, en el caso del primer semestre del 2022 los seis proyectos realizaron entrega en la semana 8 y solamente un proyecto no realizó entrega final. Para el primer semestre del 2021, 11 proyectos realizaron todas las entregas, mientras que un grupo no realizó ninguna entrega.

Para el caso del segundo semestre del 2020, el 50% de los grupos no presentó evaluación en la semana 8 y dos grupos no presentaron evaluación en la semana 16. En cuanto al segundo semestre del 2021, de los seis grupos, dos grupos no realizaron entrega en la semana 8 ni en la semana 16.

Año	Proyectos	Proyectos Completos (PC)	Proyectos Parciales (PP)	Proyectos no ejecutados (PNE)	%PC	%PP	%PNE
2020-2	8	4	2	2	50	25	25
2021-1	12	11	0	1	91.7	0	8
2021-2	6	4	0	2	66.7	0	33
2022-1	6	5	1	0	83.3	17	0

Tabla 4. Número y Porcentaje de proyectos completos, parciales y no ejecutados

En la tabla 4 se observa el detalle de los proyectos evaluados en los dos momentos, los proyectos que solamente se evaluaron una vez y los que no se ejecutaron. Se puede analizar que en el primer semestre del 2021 y 2022, hay un mayor porcentaje de grupos que entregaron todas las actividades, esto se observa con el 91.7% y 83.3% respectivamente. Así mismo en el primer semestre del 2021 se ejecutaron todos los proyectos.

La rúbrica de evaluación es un documento que es presentado a los estudiantes y del cual tienen conocimiento previamente. En estos dos años, se han aplicado dos tipos de rúbricas que contienen unos criterios a evaluar basados en una ponderación.

Año	Proyectos	NParcial	NFinal
2020-2	6	3.2	3.5
2021-1	11	3.8	3.3
2021-2	4	3.2	3.4
2022-1	6	3.2	3.7

Tabla 5. Promedio de nota del proyecto integrador

En la tabla 5 se observa el promedio de la nota de los proyectos integradores, para el análisis se eliminaron las notas que estaban en cero.

Para los proyectos del segundo semestre del 2020 y primer semestre del 2021, la rúbrica de la semana 8 comprendía los criterios de justificación, objetivos, estado del arte, marco teórico, alternativas de solución, metodología, modelo CAD/CAM/CAE, selección y diseño de componentes, simulación y presentación. En esta rúbrica se detectó que los estudiantes presentaban fallas en el estado del arte, el marco teórico, la metodología, la selección y la simulación en modo manual.

En el caso de la rúbrica de la semana 16 se evaluaba: la selección del lenguaje, el algoritmo, implementación de la red de comunicación para el control y monitoreo, la interfaz hombre-máquina, el diagnóstico de averías, simulación en modo automático, conclusiones y documentos. En esta rúbrica se encontró que los estudiantes tenían problemas con la selección del lenguaje, la implementación de la red de comunicación para el control y monitoreo y el diagnóstico de averías.

A partir de la retroalimentación de la ejecución de los proyectos del segundo semestre del 2020 y primer semestre del 2021, se planteó una nueva rúbrica de evaluación, que fue implementada en el segundo semestre del 2021 y primer semestre del 2022.

La rúbrica de la semana 8 comprende los siguientes elementos: objetivos, marco teórico, estado del arte, metodología, diseño mecánico, diseño del sistema de control y selección de los materiales. En esta rúbrica se encontró que a los estudiantes les faltaba información en el marco teórico y la metodología.

La rúbrica de la semana 16 comprende los objetivos, el marco teórico, el estado del arte, metodología, evidencias del diseño y construcción mecánico, electrónico y de control, cumplimiento de objetivos y documentos. Se observa que hay cumplimiento de la rúbrica por parte de los estudiantes y en lo que fallaban era en las especificaciones, selección y validación.

A través de un análisis de fortalezas y debilidades que han sido observadas a partir de la rúbrica utilizada para la evaluación del núcleo integrador, se establece que es necesario:

- Buscar motivar a los estudiantes para que realicen el proyecto integrador y/o realicen las entregas.
- Diseñar una encuesta de satisfacción para ser aplicada a los estudiantes.
- Revisar la estrategia de seguimiento por parte del docente titular del curso.
- A nivel de conocimientos, falta mejorar la selección, las especificaciones y la validación del prototipo.
- Mejorar en la entrega de documentos.

5. Conclusiones

El proyecto integrador de Automatización Industrial les permite a los estudiantes desarrollar competencias profesionales en el Saber Hacer, ya que crean prototipos funcionales siguiendo una estructura metodológica que parte de la investigación, pasa por el diseño y la construcción, y culmina con la puesta en marcha. Este proceso les presenta la complejidad de los proyectos que podrán solventar a futuro.

Otra competencia que desarrollan los estudiantes es la del Ser, puesto que la creación de estos prototipos se realiza mayoritariamente en grupos, en donde el trabajo en equipo es primordial.

La evaluación por un grupo de profesores que provienen de diferentes disciplinas (mecatrónica, electrónica y mecánica) les sirve a los estudiantes para obtener retroalimentación muy puntual en las evaluaciones, ya que cada uno desde su campo profesional suministra sus apreciaciones en los fallos y aciertos de los prototipos.

La creación de una rúbrica de evaluación compartida en el momento de las sustentaciones ha permitido una calificación más homogénea, ya que en el pasado había grandes discrepancias entre las notas asignadas por cada profesor.

6. Reconocimientos

Al programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. A los estudiantes del curso de Automatización Industrial del segundo semestre de 2020, primer y segundo semestre del 2021 y primer semestre de 2022.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Fortus, D.; Krajcik, J.; Dershimmer, R. C.; Marx, R. W. and Mamlok-Naamad, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. International Journal of Science Education, Vol 27, N°7, pp 855-879
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. Journal Leaning.com, Vol 12, p 12.
- Satchwell, R., and Loepp, F. L. (2002). Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. Journal of Industrial Teacher Education. Vol 39, pp 41 - 66.

Libros

- Krajcik, J. S. and Blumenfeld, P. C. (2012). Cambridge Handbook of The Learning Sciences. Cambridge University Press, Cambridge, UK pp.317-334 .

Memorias de congresos

- Diaz, D. and King, Pam. (2007). Adapting A Post Secondary Stem Instructional Model To K 5 Mathematics Instruction. 2007 ASEE Annual Conference & Exposition, Honolulu, Hawaii p 15.

Fuentes electrónicas

- Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2022, Junio). Programa de Ingeniería Mecatrónica. https://unab.edu.co/programas/ingenieria-mecatronica.
- Utah Valley University. (2016, Junio). Project-Based Learning vs. Problem-Based Learning. Consultado el 4 de junio de 202 en https://www.uvu.edu/otl/resources/group_work/pbl.html

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
- **Hernán González Acuña**. Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Doctorado en Robótica de la Universidad Paris-Saclay. Profesor Asociado hgonzalez3@unab.edu.co
- **Jessica Gissella Maradey Lázaro**. Ingeniera Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, Especialización en Educación y Nuevas Tecnologías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Máster en Sistemas de Calidad y Productividad del Tecnológico de Monterrey, Maestría en Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Profesor Asociado. Candidata a Doctor en Ingeniería. jmaradey@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)