



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia
18 al 21 de septiembre de 2018



PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU PROYECTO SOCIAL

Flor Ángela Bravo Sánchez, Alejandra María González Correal, Enrique González Guerrero, Jairo Alberto Hurtado Londoño

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana tiene la asignatura de Proyecto Social Universitario, la cual corresponde al Núcleo de Formación Fundamental (NFF) en sus programas de pregrado. Esta asignatura les brinda la posibilidad a los estudiantes de ingeniería de comprender el impacto y la responsabilidad social que pueden tener desde su profesión dentro del proceso de transformación social.

Dentro de esta clase, a un grupo considerable de estudiantes de Ingeniería Electrónica se le ha fomentado el desarrollo de actividades con escuelas de comunidades vulnerables utilizando la robótica como medio de motivación y aprendizaje.

Los proyectos de robótica educativa son diseñados acuerdo a las necesidades, intereses y recursos disponibles en cada institución educativa. Se han diseñado e implementado actividades de robótica que hacen uso de material reciclado y que en su mayoría son proporcionados por los estudiantes de ingeniería. Otros proyectos se basan en materiales y componentes de bajo costo y fácil acceso. El Departamento de Electrónica proporciona los componentes electrónicos necesarios para la implementación de estos proyectos tales como motores, sensores y tarjetas de desarrollo. También

**PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE
COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE
ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU
PROYECTO SOCIAL**

se han diseñado actividades de robótica que hacen uso de kits de robótica comerciales con los que cuenta la institución educativa o que pueden ser prestados por el Departamento de Electrónica. Con este trabajo se desea dar a conocer el funcionamiento del programa, mostrar algunos ejemplos de las actividades realizadas por los estudiantes, tanto de la Facultad (diseño e implementación) como los de las escuelas (montaje y aplicación de los robots); resaltar los resultados y logros obtenidos, como las perspectivas y el trabajo a futuro. Así mismo describir la metodología seguida, tanto por parte de los profesores con los estudiantes de ingeniería, como la del grupo de trabajo en general (estudiantes y profesores de la Facultad y profesores de las escuelas) con los estudiantes de las instituciones educativas.

Palabras clave: robótica educativa; comunidades vulnerables, habilidades esenciales

Abstract

Electronics Engineering Program at the Pontificia Universidad Javeriana has an obligatory course in its curriculum called Social Project for last year's students. The purpose of this course is to promote in engineering students the commitment and responsibility with vulnerable populations. Through projects related to the field of electronic engineering, students propose solutions to certain social problems of the community. This experience allows them to develop skills related to identify, formulate and solve engineering problems. Additionally, it fosters essential skills as: communication, critical thinking and collaboration.

One of the lines of work of the course Social University Project is the educational robotics. The purpose of this line is to design robot-based activities to promote the use of robotic as learning and teaching tool in schools localized vulnerable populations that do not have the necessary resources to be able to acquire robotic kits or do not know how to use the robotic kits available in the school. Through the course Social University Project, students of electronic engineering design and implementing robotic projects for children using recyclable materials or low-cost materials or robotic kits available in the university.

In some schools, a robotic club is created with accompaniment of one or more school teachers to implement this activity along the academic semester. In other schools, engineering students provides school teachers accompaniment for the development of the design activities in their subjects. This paper describes the methodology used in the course Social Project for the design and implementation of robotic projects low-income schools. Additionally, some examples of the developed activities are presented.

Keywords: educational robotics; essential skills; vulnerable populations, low cost materials

1. Introducción

El Programa de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana tiene un curso obligatorio en su plan de estudios denominado Proyecto Social Universitario (PSU) para estudiantes de último año. El objetivo de este curso es promover en los estudiantes de ingeniería el compromiso y la responsabilidad con las poblaciones vulnerables. A través de proyectos relacionados con el campo de la ingeniería electrónica, los estudiantes proponen soluciones a ciertos problemas sociales de la comunidad. Esta experiencia les permite desarrollar habilidades tales como: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Además, fomenta habilidades como la comunicación, el pensamiento crítico y la colaboración.

Una de las líneas de trabajo del curso PSU es la robótica educativa. El propósito de esta línea es diseñar actividades basadas en robots para promover el uso de la robótica como herramienta de aprendizaje y enseñanza en escuelas localizadas en poblaciones vulnerables; que no cuentan con los recursos necesarios para poder adquirir kits de robótica o no saben cómo usar los kits de robótica disponibles en la escuela. A través de la asignatura PSU, estudiantes de ingeniería electrónica diseñan e implementan proyectos de robótica que hacen uso de materiales reciclables, materiales de bajo costo o kits de robótica disponibles en la universidad o en la institución educativa. En algunos colegios, se crean clubes de robótica con el acompañamiento de uno o más profesores del colegio. En otras escuelas, los estudiantes de ingeniería proporcionan acompañamiento al profesor para la implementación de actividades con robots en sus asignaturas.

Este trabajo describe la metodología utilizada en el curso Proyecto Social Universitario para el diseño e implementación de proyectos de robótica en instituciones educativas de bajos ingresos. Además, se presentan algunos ejemplos de las actividades desarrolladas.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 presenta una descripción del curso PSU. Luego, se proporciona una descripción de la línea de trabajo en robótica educativa en la sección 3. Posteriormente, la sección 4 presenta algunas de las actividades desarrolladas. Finalmente, las conclusiones y el trabajo futuro se detallan en la sección 5.

2. Descripción del curso PSU

El Proyecto Social Universitario es una asignatura obligatoria para los estudiantes de ingeniería de último año, en la Pontificia Universidad Javeriana. Cada semestre los estudiantes acompañados por profesores, formulan, desarrollan e implementan proyectos de ingeniería que ofrecen soluciones a ciertos problemas o necesidades sociales de una comunidad a partir de la experiencia profesional y el conocimiento académico aprendido durante la carrera. Esta experiencia de servicio permite a los estudiantes de ingeniería comprender el impacto y la responsabilidad que pueden tener como ingenieros en el proceso de transformación social.

Este curso ofrece a los estudiantes un espacio para promover la formación integral que articula la relación entre la práctica profesional de la ingeniería y los desafíos sociales del país. Además,

**PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE
COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE
ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU
PROYECTO SOCIAL**

brinda a los estudiantes la oportunidad de ser más conscientes y sensibles de la realidad social del país y generar en ellos una actitud de reflexión y cambio.

En este curso el estudiante debe demostrar una dedicación de al menos 60 horas, que se validan a través de los informes de actividad parcial. Antes de llevar a cabo su práctica social, los estudiantes deben asistir al Taller de Actitudes Personales y Habilidades de Comunicación que se promueve a nivel institucional.

La Robótica Educativa es una línea de trabajo dentro de la clase de PSU, cuyo propósito es diseñar actividades basadas en robots e implementarlas en escuelas en situación desfavorable desde el punto de vista técnico, social o económico. En la siguiente sección, se detalla la metodología utilizada en el desarrollo de los proyectos de robótica.

3. Línea de trabajo en robótica

La robótica educativa ha demostrado un gran potencial para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje (Benitti,2012; Eguchi,2013). Las actividades con robótica proporcionan entornos de aprendizaje enriquecidos que permiten a los estudiantes aprender nuevos conceptos y así mismo desarrollar y fortalecer habilidades. Sin embargo, hay colegios que no cuentan con los recursos necesarios para poder adquirir kits de robótica comerciales o no saben cómo usar los kits que tienen actualmente para apoyar las asignaturas de su plan de estudios escolar (Parra, 2013). Adicionalmente, no todos los profesores de los colegios están familiarizados con el uso de robots como herramientas de aprendizaje y requieren capacitación en el uso de esta tecnología (Alimisis, 2016; Mubin,2013).

En la línea de trabajo de robótica educativa del curso PSU, los estudiantes de ingeniería electrónica proponen proyectos que buscan contribuir a la solución de los problemas mencionados anteriormente. A continuación, describimos el proceso de diseño e implementación de estas actividades de robótica.

Diseño

En la línea de robótica educativa los estudiantes tienen la asesoría de un tutor con experiencia en el área (profesor, estudiante de posgrado o integrante del semillero de robótica) para apoyarlos en el diseño y desarrollo de los proyectos. Los estudiantes también pueden tener el acompañamiento de otros profesores de ingeniería y de los profesores de los colegios en el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, si el proyecto involucra el diseño de una interfaz gráfica de usuario, el estudiante puede tener el acompañamiento de un profesor de ingeniería de sistemas.

El proceso de diseño comienza con una reunión de los estudiantes inscritos en PSU y que están interesados en esta línea de trabajo en robótica, donde se les pone en contexto, se les cuenta acerca del trabajo que pueden realizar, se les muestran algunos proyectos previamente desarrollados, se le comenta acerca de necesidades e ideas potenciales de proyectos y se les cuenta acerca de las limitaciones que se deben tener en cuenta. Esta actividad facilita a los estudiantes de ingeniería entender qué tipo de proyectos pueden desarrollar y su propósito.

PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU PROYECTO SOCIAL

Después de esta primera reunión, el estudiante debe proponer al profesor del curso entre tres y cinco opciones de actividades relacionadas con robótica educativa. Posteriormente, el estudiante recibe la realimentación por parte del profesor de la propuesta que ha realizado y de acuerdo con la complejidad de las actividades propuestas, se seleccionan dos o más actividades para desarrollar e implementar en el semestre académico.

De acuerdo con el material requerido para la implementación del proyecto, hay tres tipos principales de actividades que se han desarrollado:

- Actividades que usan materiales reciclados y de bajo costo. Estos proyectos involucran el desarrollo de prototipos robóticos con elementos básicos como cartón, papel, botellas de plástico, tapas, cauchos, clips, espuma, pegamento, cinta adhesiva de doble cara y tijeras entre otros que son de fácil acceso para estudiantes y profesores.
- Actividades que usan materiales reciclados y de bajo costo más un kit de electrónica. Este kit está compuesto por los mismos materiales de la actividad anterior, más una tarjeta Arduino Uno R3, dos servos de rotación continua, un servo de 180 grados, una batería recargable de 6 V, un cargador de batería, una tarjeta de conexiones (*proto-board*), varios sensores (fototransistores, pulsadores, infrarrojos, ultrasónico), LED, resistencias, potenciómetros y cables. El Departamento Electrónica presta a los estudiantes de ingeniería algunos de estos componentes para el desarrollo y la implementación de sus proyectos. El profesor del curso también les ofrece a sus alumnos algunos componentes electrónicos y mecánicos que fueron donados por estudiantes que ya terminaron sus prácticas de laboratorio.
- Actividades basadas en kits de robótica. Los Departamento de Electrónica e Ingeniería de Sistemas les brindan a los estudiantes kits comerciales y plataformas de robótica para el diseño e implementación de las actividades en las escuelas.

El proceso de diseño de una actividad basada en robots involucra los siguientes pasos:

- Paso 1: Proponer diferentes diseños de prototipos de robots a desarrollar.
- Paso 2: Escoger entre los diseños propuestos el más prometedor.
- Paso 3: Diseñar, implementar y programar el prototipo.
- Paso 4: Desarrollar una guía de construcción del prototipo y realizar un video de este proceso de construcción.
- Paso 5: Diseñar actividades con el prototipo diseñado profundizar o aplicar explorar temas de clase.

Una vez se ha concluido este proceso de diseño, se pasa a la siguiente fase que es la de implementación.

Implementación

Dentro del proceso de implementación se manejan fundamentalmente dos opciones para el desarrollo de las actividades diseñadas en los colegios: la primera se realiza durante la jornada escolar y la segunda se desarrolla como una actividad extracurricular.

PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU PROYECTO SOCIAL

En la primera opción, los estudiantes de ingeniería proporcionan acompañamiento a los maestros de escuela para el desarrollo de las actividades en sus asignaturas. Para la implementación de la segunda opción, se suele crear un club de robótica con el acompañamiento de uno o más profesores del colegio. El estudiante de ingeniería es el responsable de dirigir las diferentes actividades en el club. Parte fundamental de esta actividad es la colaboración del profesor para mantener la disciplina y crear un ambiente de aprendizaje efectivo.

Los profesores también ayudan a los estudiantes a hacer conexiones de las cosas desarrolladas en el club con los temas y conceptos aprendidos en sus asignaturas. Una ventaja de involucrar a los profesores es que de esta forma se apropian más fácilmente del conocimiento y la práctica en el uso de la tecnología, para que posteriormente puedan aplicarla y desarrollar actividades en sus asignaturas.

La mecánica de trabajo se realiza en grupos conformados por tres o cuatro estudiantes. Cada grupo recibe los materiales necesarios para el desarrollo de la actividad. Por lo general, los estudiantes de ingeniería son los responsables de proporcionar los materiales reciclables y de bajo costo, sin que esto impida que los niños del colegio o profesores colaboren con la consecución de estos materiales. Al involucrarlos en la consecución de estos materiales, los estudiantes adquieren un mayor sentido de compromiso y pertenencia en el desarrollo de la actividad. Si la actividad requiere computadores, plataformas robóticas (por ejemplo, Lego Mindstorm, Vex, etc), robots educativos ensamblados (por ejemplo, robots Dash & Dot, mini-Darwin, Thymio) o kits de componentes electrónicos y mecánicos, estos pueden ser facilitados prestados por medio de los Laboratorios de Electrónica y de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Javeriana. Los estudiantes de ingeniería son los responsables de realizar el pedido y devolución respectiva de estos equipos. El proceso de implementación de estas actividades involucra la ejecución de los siguientes tres pasos:

- Paso 1: Escribir las guías para estudiantes y profesores de las actividades diseñadas.
- Paso 2: Aplicar la actividad en contextos reales.
- Paso 3: Escribir un informe con los resultados de la actividad realizada, recomendaciones y propuestas de mejora de esta.

4. Ejemplo de los proyectos desarrollados

En esta sección se describe un ejemplo de los proyectos desarrollados e implementados usando materiales reciclables y algunos componentes electrónicos. En general, el proyecto se plantea de tal forma que sea la integración de una serie de mini-proyectos. Por ejemplo, uno de los proyectos desarrollados fue una banda transportadora que envía objetos a una caja que los clasifica por color en diferentes compartimientos. Para el desarrollo de este proyecto se plantearon los siguientes mini-proyectos:

- **Banda transportadora:** el propósito de este mini-proyecto es construir con materiales reciclables una banda transportadora (ver Figura 1). Se usa un servo motor de rotación continua para generar el movimiento en la banda y una tarjeta Arduino Uno para el control

PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU PROYECTO SOCIAL

del movimiento de la banda. Con esta actividad los estudiantes comprenden el funcionamiento de una banda transportadora y las diferentes aplicaciones que tiene, también aprenden conceptos como poleas, correas, y transmisión de movimiento. Los estudiantes usan un ambiente de programación gráfica como Arduinoblocks (<http://www.arduinoblocks.com/>) o Ardublock (<http://blog.ardublock.com/>) para programar los comportamientos de la banda transportadora. En este proceso aprenden conceptos de programación y se fomenta el desarrollo del pensamiento computacional.



Figura 1. Proyecto banda transportadora

- **Caja clasificadora:** el propósito de este proyecto es construir con materiales reciclables una caja con dos compartimientos (ver Figura 2). A través de un sistema de poleas, sensores fines de carrera, un servo motor y una tarjeta Arduino esta caja se desplaza a la derecha o a la izquierda de acuerdo a la instrucción recibida. Con esta actividad se introduce el tema de poleas, sensores de fin de carrera, y el manejo de condicionales en la programación.



Figura 2. Proyecto de banda transportadora y caja clasificadora

- **Integración banda transportadora y caja clasificadora:** El propósito de este proyecto es clasificar por color los objetos de una banda transportadora (ver Figura 3). En este proyecto se le agrega a la banda transportadora un sensor infrarrojo para detectar si el objeto es de color blanco o de color negro. De acuerdo al color del objeto, la caja clasificadora se mueve para que el objeto caiga en el compartimiento de ese color.

PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU PROYECTO SOCIAL

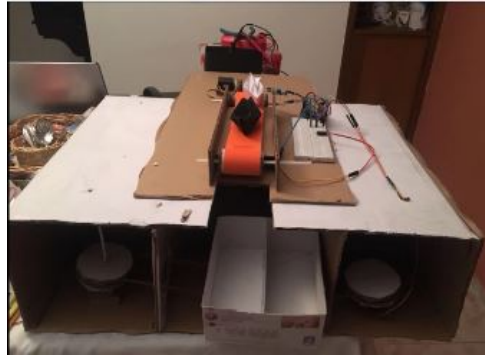


Figura 3. Proyecto de banda transportadora y caja clasificadora

También se han desarrollado proyectos de robótica educativa que buscan introducir la robótica en áreas no-tecnológicas como historia, lenguaje, inglés entre otras. Por ejemplo, uno de los proyectos desarrollados buscaba introducir el tema de resolución de conflictos socio-ambientales a través de la dramatización de un caso de contaminación de un río usando robots como los actores de la obra. Los niños creaban una historia de la situación de conflicto dada y luego programaban los comportamientos de los robots para representar la historia creada (ver Figura 4). Para el desarrollo de la actividad se empleó robots móviles pre-ensamblados los cuales eran personalizados con las características del personaje de la historia.



Figura 4. Creación de dramatizaciones con robots actores

Estos proyectos fueron implementados en un club de robótica con estudiantes de 11 a 13 años y con el acompañamiento del profesor de tecnología.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo se ha venido desarrollando por un periodo superior a los cinco años, durante los cuales se han realizado diferentes cambios y mejoras, para que cada vez se tenga un mayor impacto, contacto con tecnología y efectividad en los procesos de aprendizaje y motivación dentro de los

PROMOVIENDO EL APRENDIZAJE DE ÁREAS STEAM EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COMUNIDADES VULNERABLES, A TRAVÉS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE ROBÓTICA EDUCATIVA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA COMO PARTE DE SU PROYECTO SOCIAL

estudiantes, tanto de ingeniería como lo de las escuelas, cada uno desde su propia experiencia y perspectiva.

La disposición de los profesores de las instituciones educativas para la implementación de actividades involucra con robótica, a pesar de que no estén muy familiarizados es bastante alta y desean que puedan realizarse más de estas actividades, que involucren más conceptos que puedan trabajarse en clase.

Aunque el uso de material reciclable y de bajo costo, permite el desarrollo de diversas actividades de manera fácil, estos mismos no garantizan durabilidad o resistencia en el prototipo desarrollado, lo cual lleva a que daños frecuentes o malos funcionamientos después de un determinado tiempo o número de uso.

El poder aplicar parte de los conocimientos adquiridos durante su carrera y tener que adquirir otros, junto con la aplicación de habilidades de comunicación (verbal y escrita), trabajo en grupo, sensibilización social y aplicación del trabajo realizado, brindan a los estudiantes de ingeniería una nueva perspectiva que difícilmente han tenido hasta ese momento, ya que no solo involucra sus conocimientos de ingeniería, sino también la aplicación de ellos y la concientización del impacto que pueden tener en la sociedad con la puesta en práctica de estos conocimientos.

Aunque se haya realizado un trabajo previo con respecto al desarrollo de una actividad especial, la continuidad no está siempre garantizada, ya que esta depende en buena parte del interés, motivación y disponibilidad de los estudiantes que tomarán nuevamente la asignatura de PSU y que elegirán la parte de robótica educativa, ya que usualmente prefieren crear y desarrollar sus propias ideas y no continuar con las ya implementadas. Así mismo, el cambio de los mismos estudiantes que diseñaron la actividad o incluso el cambio de los profesores de las escuelas debilitan considerablemente la continuidad de estas actividades en un periodo prolongado.

Aunque se cuenta con la colaboración de las directivas de las diferentes instituciones educativas no siempre se dispone del tiempo total programado para el desarrollo de las actividades, debido a las restricciones propias de cada institución o disponibilidad de los niños.

Se debe fortalecer la estructura y creación del material, de tal forma que puedan crearse material bibliográfico de fácil uso por parte de los profesores de las escuelas.

Las limitaciones con respecto al material y equipo propio de cada institución, limita la realización de estas actividades a lo largo del tiempo, ya que, al ser material prestado, los profesores de estas instituciones no pueden continuar con la ejecución de las mismas.

6. Referencias

Artículos de revista

- Alimisis, D., Moro, M.: Special issue on educational robotics. *Robotics and Autonomous Systems* 77, 74{75 (2016)
- Benitti, F.B.V.: Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education* 58(3), 978{988 (2012)
- Eguchi, A.: Educational robotics theories and practice: Tips for how to do it right. *Robotics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* p. 193 (2013)
- Mubin, O., Stevens, C.J., Shahid, S., Mahmud, A.A., Dong, J.J.: A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning* 1, 209{0015 (2013)
- Parra, C., Bravo, F., García, L.: Generación de ambientes de aprendizaje interdisciplinarios con robótica en instituciones educativas de bajos recursos económicos (2013)

Sobre los autores

- **Flor Ángela Bravo Sánchez:** Candidata al doctorado en ingeniería. Ingeniera electrónica con maestría en ingeniería electrónica. Pontificia Universidad Javeriana. bravof@javeriana.edu.co
- **Alejandra María González Correal:** Doctora en ingeniería. Ingeniera Electrónica con maestría en ingeniería electrónica. Profesora asistente de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. agonzalez@javeriana.edu.co
- **Enrique González Guerrero:** Doctor en informática. Ingeniero eléctrico con maestría en ingeniería eléctrica. Profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. egonzal@javeriana.edu.co
- **Jairo Alberto Hurtado Londoño:** Doctor en Electrónica y Telecomunicaciones. Ingeniero Electrónico con maestría en ingeniería electrónica. Profesor asociado de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. jhurtado@javeriana.edu.co

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

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)