



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

FOMENTO DE LA CREATIVIDAD EN ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA A TRAVÉS DE PROYECTOS

Óscar Iván Higuera Martínez, Liliana Fernández Samacá, Andrea Catalina Alvarado Fajardo

**Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Sogamoso, Colombia**

Resumen

La creatividad es una de las habilidades que deben inculcarse en el profesional. El concepto de creatividad incluye el resultado de un producto único y útil. La investigación para promover la creatividad en los estudiantes de ingeniería ha estado creciendo en las últimas décadas. La creatividad no se ha incluido lo suficiente en los planes de estudio de ingeniería por creer que es innata en el área. La creatividad es una cualidad indispensable para la ingeniería, y dado el creciente alcance de los desafíos futuros y la complejidad y diversidad de las tecnologías del siglo XXI. El valor de la creatividad y la innovación para la ingeniería se basa en los problemas que resuelven los ingenieros, los productos creativos enfatizan la novedad, resolución, elaboración y síntesis. La investigación moderna ha demostrado que, aunque los estudiantes con un alto coeficiente intelectual generalmente obtienen buenas calificaciones tanto en la escuela como en la universidad, son constantemente superados por aquellos que no solo tienen un alto coeficiente intelectual sino también una alta creatividad. "Si la creatividad es tan importante para la ingeniería, ¿por qué no es una parte obvia del plan de estudios de ingeniería en todas las universidades?", pero el problema es más profundo. ¿Por qué se pasa por alto la creatividad en la educación en ingeniería? Esta pregunta y su respuesta son las que dan interés en estudiar la promoción de la creatividad en ingeniería. Este trabajo se centra en el diseño de actividades basadas en PBL para mejorar la creatividad en estudiantes de ingeniería de primer año de Ingeniería Electrónica a través de un proyecto. Nos centramos en la realización del proyecto y su aplicación para la resolución creativa de problemas.

Palabras clave: creatividad; solución creativa de problemas; pensamiento divergente

Abstract

Creativity is one of the skills that must be instilled in the professional. The concept of creativity includes the result of a unique and useful product. Research to promote creativity in engineering students has been growing in recent decades. Creativity has not been included enough in engineering curricula for believing that it is innate in the area. Creativity is an indispensable quality for engineering and given the growing scope of future challenges and the complexity and diversity of 21st-century technologies. The value of creativity and innovation for engineering is based on the problems that engineers solve; creative products emphasize novelty, resolution, elaboration and synthesis. Modern research has shown that although high IQ students generally score well in both school and university, they are consistently outperformed by those with not only high IQ but also high creativity. "If creativity is so important to engineering, why isn't it an obvious part of the engineering curriculum at every university?" But the problem is more profound. Why is creativity overlooked in engineering education? This question and its answer are those that give interest in studying the promotion of creativity in engineering. This work focuses on the design of activities based on PBL to enhance creativity in first-year engineering students of Electronic Engineering through a project. We focus on the realization of a project and their application for creative problem-solving.

Keywords: *creativity; creative problem solving; divergent thinking*

1. Introducción

La creatividad es necesaria para los profesionales de la ciencia y la ingeniería, por cuanto el proceso de diseño permite lograr resultados innovadores y potenciales para el bienestar de la humanidad. Profesores, investigadores, estudiantes y organizaciones de profesionales coinciden en la necesidad de promover la creatividad en la educación. La Creatividad es una de las habilidades que se debe inculcar en el profesional de Ciencias e Ingeniería, y desde la misma definición de Ingeniería está inmersa la creatividad, la palabra ingeniero viene del latín *Ingeniatorum* en el sentido de *ingenius*, con *gen* referida a creación o Génesis; la esencia de las palabras creatividad (Charyton, 2014). En el concepto de creatividad a lo largo del tiempo se ha incluido como productora de resultados únicos y útiles (o influyentes) (Hennessey, et al., 2010; Perkins, 1988). Así mismo, se puede decir que la creatividad es una habilidad, y como tal puede ser alentada o desalentada (R. Sternberg, 2007).

La investigación en el fomento de la creatividad en los estudiantes de ingeniería ha sido creciente en las últimas décadas. Pero, aun así, la creatividad no ha sido lo suficientemente incluida en los planes de estudio de ingeniería por creer que esta es innata al área y que, debido a la definición misma del área, no hay que considerar su potenciación. La creatividad es una cualidad indispensable para la ingeniería, y debido a los crecientes desafíos, la complejidad y diversidad de las tecnologías, la creatividad crece en importancia (Abdulwahed, 2017). Así mismo, entre los criterios ABET (2011) para acreditar programas, se habla sobre "llevar el conocimiento más allá hacia la aplicación creativa". Los productos creativos enfatizan en la novedad, resolución, elaboración y síntesis (D. H. Cropley, et al., 2005). El valor de la creatividad y la innovación para la ingeniería se basa en los problemas que resuelven los ingenieros y es un catalizador que proporciona el cambio (D. H. Cropley, 2015),

A.J. Cropley y D.H. Cropley llaman la atención sobre los beneficios de la creatividad en la educación: “la investigación moderna ha demostrado que, aunque los estudiantes con un alto coeficiente intelectual generalmente obtienen buenas calificaciones tanto en la escuela como en la universidad, son constantemente superados por aquellos que no solo tienen un alto coeficiente intelectual sino también una alta creatividad” (A. J. Cropley, et al., 2000). Así mismo, Kazerounian y Foley reafirman el problema fundamental: “Si la creatividad es tan central para la ingeniería, ¿por qué no es una parte obvia del plan de estudios de ingeniería en todas las universidades?” (Kazerounian, et al., 2007), pero el problema es más profundo. ¿Por qué se pasa por alto la creatividad en la educación en ingeniería? Estas preguntas son el motivador para estudiar el fomento de la creatividad en ingeniería.

En Ingeniería es común encontrar la realización de proyectos en diferentes etapas del proceso de formación, de allí la importancia de orientar estos proyectos y su desarrollo para fomentar la creatividad. Ejemplo de este trabajo, vemos que en la literatura se encuentran trabajos donde se fomenta la creatividad a través de proyectos o problemas. Algunos trabajos se centran en buscar la solución multidisciplinaria de problemas, fortaleciendo diferentes habilidades y destrezas, donde el proyecto o problema está formulado para buscar fomentar la creatividad de todos los involucrados en el mismo, ejemplos de trabajos en este enfoque están (Allen & Self, 2008; Ayob et al., 2015; Bourgeois-Bougrine, et al.; Hatchuel & Chen, 2017; Tekmen-Araci & Mann, 2019). Hay quienes trabajan adicionalmente, empleando un enfoque PBL (*Project-Based Learning*) para a través de este, fomentar diferentes habilidades, entre ellas la creatividad (Ibn-e-Hassan, et al., 2014; Satolo, et al., 2015; Valentine, et al., 2017; Volpentesta, et al., 2012; Zhou, et al., 2012).

En este artículo se presentan las etapas, los elementos y diferentes características que se consideraron para el diseño de una actividad a realizarse en una extensión de 4 semanas para fomentar la creatividad en los estudiantes de Ingeniería Electrónica de primer año. Se presentan los aspectos considerados, el diseño basado en siete etapas, y la implementación en un curso. Finalmente se dan unas observaciones finales y trabajos futuros.

2. Etapas para el desarrollo de la actividad de fomento de la Creatividad.

En el diseño de la actividad para fomentar la creatividad en estudiantes de primer año de Ingeniería, se parte de considerar tres fases principales, la primera de diseño de la Actividad, la segunda de Implementación y una tercera de evaluación de los resultados (Figura 1). Para el análisis se realiza recolección y obtención de resultados durante y posterior a la actividad. Se parte de conocer el grupo donde se realiza el taller, para lo cual se realizan entrevistas simples con información general sobre los estudiantes y sus experiencias previas en ingeniería y creatividad, y posteriormente durante y finalizada la actividad se analiza el comportamiento y resultados de los estudiantes para poder identificar el desarrollo de creatividad en los mismos.

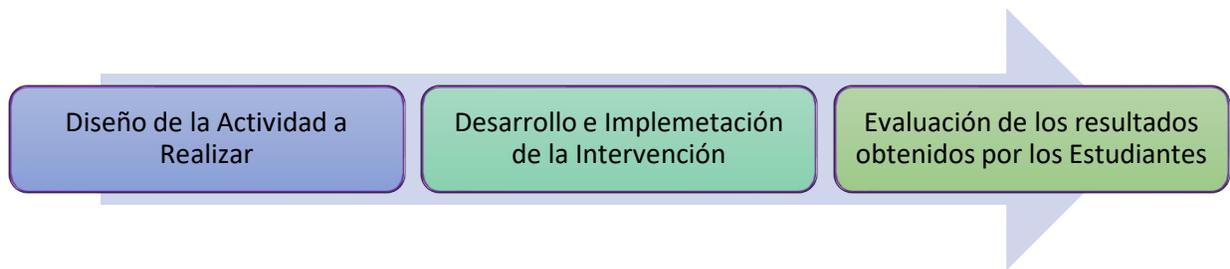


Figura 1. Diseño experimental para Fomentar la Creatividad en una actividad.

En la intervención que se realiza en los estudiantes para fomentar la creatividad, se propone la realización de un proyecto corto de tres (3) a cuatro (4) semanas, donde el estudiante elabore un robot seguidor de línea, que le servirá además de consolidar sus conocimientos propios de la materia, en demostrar la creatividad que se fomenta, la asignatura donde se realizará la intervención es el curso de Introducción a la Ingeniería, curso de segundo semestre del plan de estudios, y cuyo objetivo es estudiar las temáticas de la ingeniería electrónica, familiarizando a los estudiantes con los equipos, elementos y antecedentes de la tecnología y la electrónica. El proyecto propuesto se enfocará en la última parte del curso, en el juego con la electrónica (tendencias y desafíos).

3. Elementos a considerar en el diseño de la intervención – Creatividad y Proyecto.

Históricamente, se han dado diferentes definiciones de creatividad, desde la antropología, la psicología del comportamiento, la psicología social, la ciencia cognitiva, la filosofía, la investigación de diseño, la innovación, la solución, la invención y muchas otras perspectivas. Es decir, la creatividad no ocurre dentro de las cabezas de las personas sino en la interacción entre los pensamientos de una persona y un contexto sociocultural. (Csikszentmihalyi, 1988) postuló que las "redes de apoyo social" son determinantes vitales de la creatividad en la vida de los creadores individuales. Por lo tanto, debe considerarse el entorno social e institucional, situación que se es considerada en el diseño presentado en este documento. Así mismo, es necesario considerar que según la propuesta de (Plucker, et al., 2004), "La creatividad es la interacción entre la aptitud, el proceso y el entorno mediante el cual un individuo o grupo produce un producto perceptible que es novedoso y útil, tal como se define dentro de un contexto social".

Para el fomento de la creatividad consideraremos enfocarnos en solo seis factores que potencian y son posibles de identificar en esta actividad de fomento en creatividad, estos son originalidad, fluidez, flexibilidad, elaboración, pensamiento divergente y pensamiento convergente; y para ello consideraremos la solución creativa de problemas o CPS (*creative problem solving*), la cual se discute con mayor frecuencia como un modelo de habilidades de pensamiento. CPS es un enfoque de "kit de herramientas" para el pensamiento creativo. Sin embargo, las herramientas se basan en formas de pensar y sigue mucha investigación práctica sobre lo que parece funcionar para ayudar a las personas a hacer conexiones laterales o asociaciones interesantes en sus pensamientos (Zhou, 2017). El CPS no está diseñado para reemplazar los procesos de pensamiento creativo natural de

las personas, sino para explicar este proceso de una manera que les permita ser más sistemáticos en la forma en que abordan los desafíos (Puccio, et al., 2009).

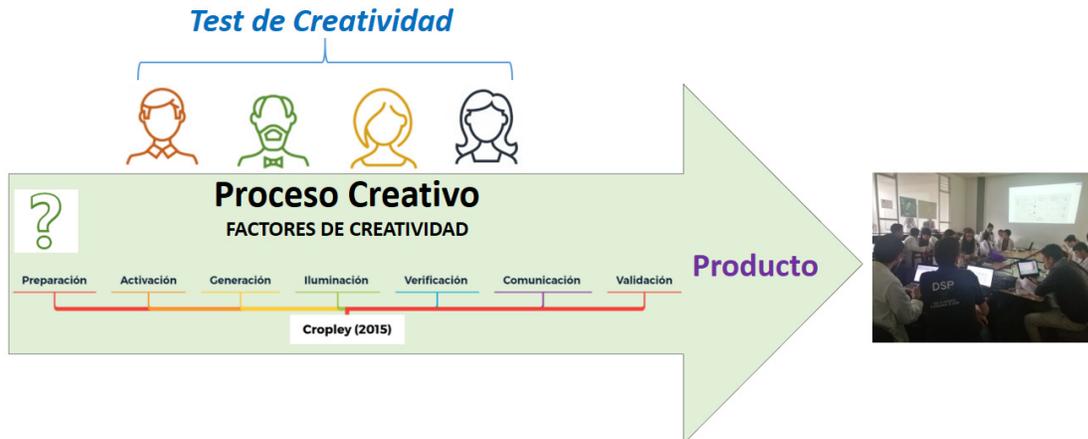


Figura 2. Elementos a considerar en el diseño de la actividad para fomentar la creatividad.

El proceso creativo que se seguirá para este caso está basado en las fases propuestas por (D. H. Cropley, 2015), donde como se observa en la figura 2 se consideraran parte del proceso, en la tabla 1 se presentan las diferentes fases, acciones, actividades y tiempo destinado a cada una de las etapas en el desarrollo del prototipo. El resultado final de este proceso puede verse desde dos puntos de vista, uno sobre el individuo y otro sobre el producto, determinando diferentes niveles de creatividad; donde los resultados individuales y las características de su producto se articulan en la evaluación de la creatividad.

Tabla1. Fases y actividades a desarrollar en el curso.

| Fase | Acción | Actividad en curso | Tiempo |
|-----------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|
| 1) Preparación | Reconocer que el problema existe | Taller de Identificación de Reto | 30 minutos |
| 2) Activación | Definir (y redefinir) el Problema. | Taller de definición de objetivo | 30 minutos |
| 3) Generación | Producir posibles soluciones | Taller de Ideación | 1 hora + Trabajo en Casa |
| 4) Iluminación | Reconocer la Mejor Solución | Taller de Solución al Reto | 1 Hora |
| 5) Verificación | Confirmar que la solución es Efectiva | Taller de Implementación y desarrollo de prototipo. | 2 semanas |
| 6) Comunicación | Hacer que la solución esté disponible para otros | Taller de presentación de la solución | 10 min / grupo |
| 7) Validación | Aplicar la solución en la practica | Mini torneo | 2 horas |

4. Implementación y Resultados

En el desarrollo de la actividad, frente al desafío de diseñar un robot seguidor de línea, los estudiantes demostraron tener grandes destrezas para imaginar cómo podrían cumplir con la meta, a continuación, se presentan brevemente el desarrollo seguido en la actividad y cómo fue su proceso según las etapas establecidas en la Tabla 1.

En la etapa 1), como parte del reconocimiento del problema, se les presenta las características generales del reto y se les explica cuál es el objetivo final que se desea alcanzar en la construcción de un robot sencillo, despejando dudas en la actividad.

En la etapa 2), dentro de la definición del objetivo se busca entender que cada estudiante no está en el mismo punto de conocimiento, aceptando y validando diferentes opiniones que no cohiban la creatividad, y los encamine a la mejor forma de trabajar en busca del objetivo planteado.

En la etapa 3) dentro de los talleres de ideación y búsqueda de posibles soluciones, se considera el pensamiento divergente y como llevarlo a un pensamiento lógico donde pueda existir originalidad, fluidez, flexibilidad y originalidad. En este caso, cada estudiante plasma gráficamente la posible solución que se imagina sería viable, en la realimentación de la actividad se valora la creatividad de cada estudiante y se identifica el nivel de conocimientos de cada uno, buscando establecer grupos de trabajo donde se complementen y apoyen a potencializar sus habilidades y conocimientos (debido a que algunos estudiantes tienen conocimientos previos en electrónica ya que provienen de colegios técnicos y, para otros esto es un mundo nuevo).

Por su parte en la etapa 4) el taller de solución al reto, con los gráficos realizados anteriormente, y la conformación de los grupos, les permite comenzar a identificar los problemas que tendrían para ejecutar el reto e iniciar el desarrollo del prototipo.

En la etapa 5) para el taller de implementación y desarrollo de prototipo, los estudiantes cuentan con el apoyo de becarios de los grupos de investigación de la escuela de ingeniería electrónica, considerando la cercanía entre ellos por ser estudiantes, por lo tanto, al tener a alguien que consideran su par, se acercan a ellos de una manera más relajada.

Para la etapa 6) de comunicación, la presentación de soluciones les permite identificar posibles fallas en su modelo y como los otros grupos han solventado este problema; así como ver sus fortalezas para motivarse y poder expresar con mayor fluidez los conocimientos adquiridos.

Finalmente, en la etapa 7) Validación, el mini torneo se desarrolla en uno de los pasillos de la Universidad donde puede ser observado por toda la comunidad académica, este espacio fortalece la autoestima de los estudiantes, al ver a diferentes personas interesadas en el funcionamiento de su robot y ser capaces de explicarles con fluidez su funcionamiento y porqué su modelo es diferente al de los demás.

Durante el desarrollo de la actividad, los estudiantes manifestaron su motivación a seguir estudiando, y que lograron relacionar por qué son importantes las áreas de matemáticas y física que cursan en el primer año y como se integran estas a la electrónica. En cuanto al diseño de los robots, algunos fueron más creativos profundizando en su pensamiento divergente, diseñando modelos más aerodinámicos; mientras otros se inclinaron por modelos más convencionales; así mismo variaron la posición de los sensores y los motores, algunos buscando que el tiempo de respuesta del robot fuera menor y otros enfocados en conseguir mayor velocidad.

5. Observaciones finales y trabajos futuros

Evidentemente, la creatividad está estrechamente vinculada a la concepción social de aceptación y validación y, en consecuencia, la sociedad influye directamente en la creatividad de las personas, tanto en su concepción como en su validación. En el diseño de las actividades para fomentar la creatividad debemos considerar que siempre se debe buscar que el estudiante este motivado y sea un reto para él cumplir con el proyecto que se le presenta. La motivación es el detonador más importante para la creatividad, logrando conectar al estudiante a la explotación de los conocimientos adquiridos. La creatividad no es solo un elemento esencial de la investigación o el desarrollo de productos, es una característica crucial y necesaria en el ingeniero. Esta investigación resalta la estrategia propuesta para infundir la creatividad en la educación en ingeniería y para rastrear cómo se manifiesta el proceso de pensamiento creativo en los proyectos de diseño para estudiantes de primer año. El proyecto también implica evaluar en qué medida se mejora la creatividad de los estudiantes al enfrentarse a un reto con creatividad en uno de sus cursos.

Un aspecto importante es que, con el resultado de esta actividad, se pudo revisar las consideraciones y actividades, con el fin de modificarlas en el proyecto y así potenciar aún más la creatividad en estudiantes de ingeniería. Como trabajo futuro en esta área y que se realizará como línea de investigación se encuentra aplicar este diseño nuevamente en el curso, pero donde se realice la medición de la Creatividad con test avalados, así como diseñar y aplicar un enfoque aún más amplió en un grupo de estudiantes de asignaturas disciplinares de último año de Ingeniería.

6. Referencias

- Abdulwahed, M. (2017). Development of 21st Century Skills and Engineering Confidence. *Proceedings of the International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS)*, 23–28.
- ABET. (2011). *Criteria for accrediting engineering programs*. Baltimore, MD: ABET Engineering Accreditation Commission.
- Allen, J. E., & Self, A. (2008). Analysis of the integration of knowledge and novelty in creative engineering design. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part G- Journal of Aerospace Engineering*, 222(G1), 127–167. <https://doi.org/10.1243/09544100JAERO237>
- Ayob, A., Hussain, A., Mustaffa, M. M., Majid, R. A., Cascini, G., Saliminamin, S., ... Todorovic, V. (2015). OTSM-TRIZ Games: Enhancing Creativity of Engineering Students. *Procedia Engineering*, 60, 711–720. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.360>
- Bourgeois-Bougrine, S., Buisine, S., Vandendriessche, C., Glaveanu, V. P., & Lubart, T. (2017). Engineering students' use of creativity and development tools in conceptual product design: What, when and how? *Thinking Skills and Creativity*, 24, 104–117. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.016>
- Charyton, C. (2014). *Creative engineering design assessment: background, directions, manual, scoring guide and uses*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5379-5>
- Cropley, A. J., & Cropley, D. H. (2000). *Fostering Creativity in Engineering undergraduates*.

- High Ability Studies*, 11(2), 207–219.
- Cropley, D. H. (2015). *Creativity in Engineering, Novel Solutions to Complex Problems* (J. Kaufman, Ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800225-4.00014-8>
 - Cropley, D. H., & Cropley, A. J. (2005). Engineering creativity: A systems concept of functional creativity. In *Creativity across domains* (pp. 187–204). Psychology Press.
 - Csikszentmihalyi, M. (1988). Society, culture, and person: A systems view of creativity. In *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*. (pp. 325–339). New York, NY, US: Cambridge University Press.
 - Hatchuel, A., & Chen, M. K. (2017). Creativity under Strong Constraints: the Hidden Influence of Design Models. *European Review*, 25(2), 194–207. <https://doi.org/10.1017/S1062798716000557>
 - Hennessey, B. ., & Amabile, T. M. (2010). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 61, 569–598.
 - Ibn-e-Hassan, Abu Talib, N., Riaz, A., & Iqbal, M. J. (2014). Influence of national and engineering culture on team role selection. *International Journal of Technology And Design Education*, 24(1), 91–105. <https://doi.org/10.1007/s10798-013-9242-z>
 - Kazerounian, K., & Foley, S. (2007). Barriers to creativity in engineering education: A study of instructors and students perceptions. *Journal of Mechanical Design*, 129(7), 761–768. <https://doi.org/10.1115/1.2739569>
 - Perkins, D. N. (1988). Creativity and the quest for mechanism. In R. J. Sternberg & E. E. Smith (Eds.), *Psychology of human thought* (pp. 309–336). New York: Cambridge University Press.
 - Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why Isn't Creativity More Important to Educational Psychologists? Potentials, Pitfalls, and Future Directions in Creativity Research. *Educational Psychologist*, 39(2), 83–96. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_1
 - Puccio, G. J., & Cabra, J. F. (2009). Creative problem solving: past, present, and future. In S. Rickards, T., Runco, H.A., & Moger (Ed.), *The Routledge Companion to Creativity* (pp. 327–337). London: Routledge.
 - Satolo, E. G., Maestrelli, S. C., Ximenes-Satolo, V. P., & Ferraco, F. (2015). Interdisciplinary Project Applied to Engineering Education: Construction of a Miniature Ceramic Industry. *JOURNAL OF MATERIALS EDUCATION*, 37(1–2), 27–38.
 - Sternberg, R. (2007). Creativity as a habit. In *Creativity: A handbook for teachers* (pp. 3–25).
 - Tekmen-Araci, Y., & Mann, L. (2019). Instructor approaches to creativity in engineering design education. *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part C-Journal Of Mechanical Engineering Science*, 233(2), 395–402. <https://doi.org/10.1177/0954406218758795>
 - Valentine, A., Belski, I., & Hamilton, M. (2017). Developing creativity and problem-solving skills of engineering students: a comparison of web- and pen-and-paper-based approaches. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1309–1329. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1291584>
 - Volpentesta, A. P., Ammirato, S., & Sofo, F. (2012). Collaborative Design Learning and Thinking Style Awareness. *International Journal of Engineering Education*, 28(4, SI), 948–958.
 - Zhou, C. (2017). Fostering Creative Problem Solvers in Higher Education: A Response to

Complexity of Societies. In C. Zhou (Ed.), *Handbook of Research on Creative Problem-Solving Skill Development in Higher Education* (pp. 1–23). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0643-0>

- Zhou, C., Kolmos, A., & Nielsen, J. D. (2012). A Problem and Project-Based Learning (PBL) Approach to Motivate Group Creativity in Engineering Education. *International Journal of Engineering Education*, 28(1), 3–16.

Sobre los Autores

- **Óscar Iván Higuera Martínez:** Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería y Estudiante de Doctorado en Ingeniería. Profesor Asistente Escuela de Ingeniería Electrónica. Grupo de Investigación en procesamiento de señales DSP –UPTC. oscar.higuera@uptc.edu.co
- **Liliana Fernández Samaca:** Ingeniera Electrónica, Especialista en Automatización Industrial, Magister en Ingeniería - Automatización Industrial y Doctora en Ingeniería. Profesora Asociada, Escuela de Ingeniería Electrónica. Grupo de Investigación en procesamiento de señales DSP –UPTC. liliana.fernandez@uptc.edu.co
- **Andrea Catalina Alvarado Fajardo:** Ingeniera Electrónica, Magister en Energías Alternativas. Profesora Escuela de Ingeniería Electrónica. Grupo de Investigación en Robótica y Automatización GIRA. andrea.alvarado01@uptc.edu.co

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

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)