



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

15 al 18  
DE SEPTIEMBRE

20  
20

[www.acofi.edu.co/eiei2020](http://www.acofi.edu.co/eiei2020)

# LA MENTORÍA, UNA FORTALEZA EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE ACTIVO EN LA INGENIERÍA

**María Catalina Ramírez, Diana Duarte, José Tiberio Hernández**

**Universidad de los Andes, Distancia Cero  
Bogotá, Colombia**

## Resumen

Los procesos de enseñanza y aprendizaje de ingeniería en Colombia cada vez se vuelven más conscientes de cómo aportar a los problemas actuales y oportunidades futuras. Por ello alinearse con entes acreditadores permite obtener una visión externa que, desde una perspectiva crítica, posibilita generar mejores lineamientos de dichos procesos. En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, desde hace varios años, el reto ha sido diseñar procesos, que, en el marco de las guías externas orientadoras, permiten que los estudiantes sean hábiles observadores de las circunstancias reales y, de esa manera, logren en equipo proponer soluciones de ingeniería con impacto. En ese contexto cursos-proyecto propuestos por profesores en Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas y Computación han buscado y logrado integrar una figura externa relevante para darle contexto a los estudiantes, propiciar pertinencia en las soluciones y aportar experiencia de su propia vida. Dicha figura ha sido la de la mentoría. Los mentores han permitido en estos cursos que se logre una alianza consistente entre el mundo académico y el mundo fuera de las aulas. La articulación con mentores facilita y promueve el contacto directo y permanente con egresados, actividad notoriamente destacada en los procesos de acreditación. De esos dos cursos han emergido dos mentores, que ahora y desde hace ya varios años, son profesionales y aportan de manera muy creativa al proceso de aprendizaje. Estos ingenieros han creado dos organizaciones que trabajan colectivamente con el equipo docente del curso: Datatrafic y Distancia Cero. En este artículo se presentarán las oportunidades, fortalezas y ventajas de enriquecer varias de las competencias de un aprendiz de ingeniería gracias al trabajo en equipo entre mentores, profesores y estudiantes. Se presentará adicionalmente los resultados de algunos de los casos exitosos que han sido fruto de este trabajo en equipo que ya lleva varios años.

**Palabras clave:** mentoría; aprendizaje activo

## Abstract

*Engineering teaching and learning processes in Colombia are becoming increasingly aware of how to contribute to current problems and future opportunities. Therefore, aligning with accrediting bodies allows to obtain an external vision that, from a critical perspective, makes it possible to generate better guidelines of these processes. At the Faculty of Engineering of the University of the Andes, for several years, the challenge has been to design processes, which, within the framework of the guiding external guides, allow students to be skilled observers of real circumstances and, in this way, manage as a team to propose engineering solutions with impact. In this context project courses proposed by professors in Industrial Engineering and Systems Engineering and Computer Science have sought and managed to integrate a relevant external figure to give context to students, promote relevance in solutions and provide experience of their own life. This figure has been that of mentoring. Mentors have allowed a consistent alliance between academia and the world outside the classroom in these courses. The articulation with mentors facilitates and promotes direct and permanent contact with graduates, a notoriously prominent activity in the accreditation processes. From these two courses two mentors have emerged, who now and for several years, are professionals and bring in a very creative way to the learning process. These engineers have created two organizations that work collectively with the course's teaching team: Datatrafic and Distancia Cero. This paper will introduce the opportunities, strengths and advantages of enriching several of an engineering apprentice's competencies through teamwork between mentors, teachers and students. Additional results of some of the successful cases that have been the result of this team work that has been going on for several years will be presented.*

**Keywords:** *mentorship; active learning*

## 1. Introducción

Los investigadores comprenden la mentoría como un soporte fundamental en el proceso de aprendizaje activo de los estudiantes de ingeniería. "El aprendizaje puede ser visto como el proceso en el que el conocimiento es creado, a través de la experimentación" (Barros, Ramírez & Stradaoli, 2005). El aprendizaje activo está orientado hacia la acción. El estudiante está en constante uso de sus sentidos y estos influyen en su aprendizaje. El aprendizaje activo se enfoca en habilidades de pensamiento como: análisis, síntesis y evaluación (Barros et al., 2005). El aprendizaje activo tiene beneficios como centrar la clase en el estudiante, Ramaswamy, Harris & Tschirner (2001) afirman que el aprendizaje activo es usado en múltiples contextos, por ejemplo, menciona que se desarrolla mediante el uso de ejercicios de solución de problemas interactivos, diseño de proyectos a lo largo de un semestre, ejercicios en equipo, casos de estudio, módulos instructivos, problemas del mundo real, entre otros. Estas actividades se fundamentan en aprendizaje activo para el desarrollo de habilidades de comunicación, trabajo en equipo y desarrollo intelectual (Ramaswamy et al., 2001). En este proceso es relevante que el estudiante genere consciencia de contextos reales. Y es con la mentoría que estos contextos reales se articulan con los conocimientos técnicos.

## 2. Proceso de acreditación y oportunidades de mejora

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, desde hace varios años, el reto ha sido diseñar procesos, que, en el marco de las guías externas orientadoras, permita que los estudiantes sean hábiles observadores de las circunstancias reales y, de esa manera, logren en equipo proponer soluciones de ingeniería con impacto. Desde hace ya unos semestres todos los programas de pregrado de la Universidad han venido desarrollando un proceso de autoanálisis que revierta en una reforma de sus currículos. En el caso de la Facultad de Ingeniería se le ha venido reforzando, estos procesos desde hace muchos años. Y en ese contexto se ha creado la franja denominada actualmente "Cursos Proyecto". Estos espacios permiten generar procesos de aprendizaje activo donde los estudiantes experimenten la observación, diseño, concepción e implementación de procesos y artefactos pertinentes para promover la innovación. En ese contexto de aprendizaje activo el profesor deja de tener el único rol protagonista. El aprendizaje se da en un colectivo integrado por los estudiantes, docentes, monitores y personas externas a la universidad. Estos personajes externos a la universidad generan oportunidades de diseño con pertinencia y experiencia. Adicionalmente, basados en su experiencia, generar un énfasis en dos habilidades muy importantes: trabajo en equipo y comunicación. Todo esto ha generado que los procesos de acreditación nacional como CNA e internacional como ABET sean una co construcción con egresados, emprendedores y empresarios que generan un gran valor agregado al aprendizaje activo.

## 3. Conexión con el sector externo

Gracias a los procesos de acreditación y diversas tendencias en innovación educativa, es cada vez más relevante la integración de nuevas estrategias de relacionamiento que promuevan la conexión de la universidad con el sector externo. Dichas estrategias parten de la aplicación de metodologías como el *Aprendizaje Basado en Retos* (ABR) o el *Aprendizaje Basado en Proyectos* (ABP) las cuales facilitan el diálogo y la conexión con actores del sector externo en entornos de aprendizaje. En este tipo de metodologías, el diálogo inicia con el establecimiento de roles como por ejemplo, ser *Socio Formador* que, según el Tec de Monterrey, hace referencia a organizaciones con las que el espacio de formación establece un vínculo de colaboración de largo plazo con los objetivos de: proveer problemáticas o situaciones reales de su contexto, colaborar con el equipo docente, abrir las puertas de su organización y aportar con personal, tiempo y recursos al proceso (Tecnológico de Monterrey, 2018). Al igual que ser *Socio Formador*, también es posible extender la participación de actores externos hacia otros roles, como, por ejemplo, siendo *Mentor*, rol que se puede describir de forma general como profesionales que desde sus diferentes conocimientos y disciplinas apoyan/aportan a los estudiantes en el desarrollo de sus proyectos o retos. La participación en alguno de estos roles implica la participación activa ya sea en su inicio al postular o presentar un proyecto como *Socio Formador* o estableciendo momentos de realimentación y conexión con los estudiantes durante el semestre como se ilustra en la *Figura 1*.

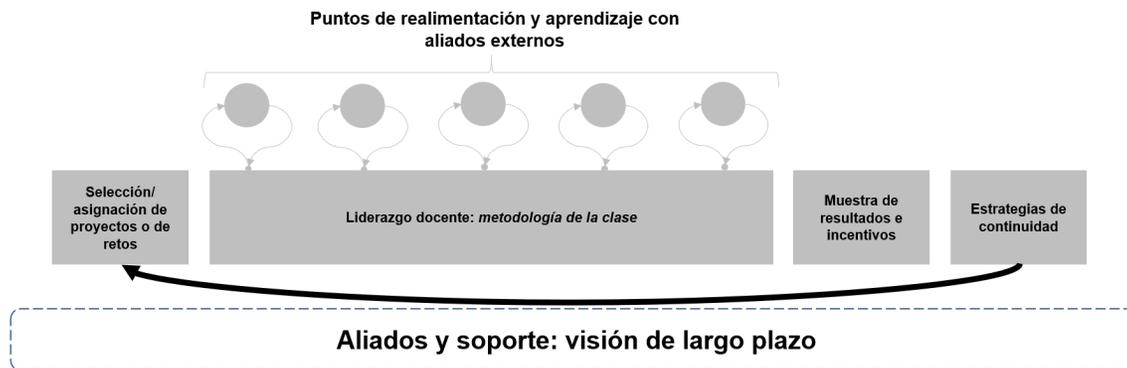


Figura 1: Elaboración propia

Desde una visión estratégica, la conexión con actores externos, empieza a tener una evolución orgánica hacia el establecimiento de relaciones de largo plazo y por lo tanto la consolidación de una estructura de aprendizaje colectiva. Es así como comienzan a emerger patrones de conexión donde los egresados de los programas, ya sea como individuos o en el marco de organizaciones, regresan, bajo diversos incentivos e intereses a aportar en la formación de futuros profesionales. Desde Distancia Cero, con una trayectoria de 3 años en la inclusión de mentores a espacios de aprendizaje, hemos identificado los siguientes como los intereses más comunes por parte de los mentores que participan:

- 1) Me uní porque me parece clave contribuir a este tipo de espacios para que los profesionales no salgan tan desconectados con la realidad.
- 2) Me interesa poder proyectar mi profesión y experiencia en contextos y escenarios diferentes a lo que normalmente me dedico.
- 3) Me interesan aprender sobre "co-creación" y metodologías similares.
- 4) Me apasionan los temas ambientales y creo que es un buen escenario para contribuir.
- 5) Soy emprendedor o empresario y para mí este espacio es una fuente de información para mis procesos.
- 6) Me interesa ser visibilizado en redes sociales y espacios digitales.
- 7) Estoy buscando nuevos rumbos para mi carrera profesional
- 8) Me apasionan los temas sociales y creo que es un buen escenario para contribuir"

Según lo anterior, la principal motivación de ser mentores es contribuir a la formación de los estudiantes, seguida de valores agregados que se relacionan con la posibilidad de contar con otros escenarios de crecimiento y visibilización profesional. A continuación, se presentan dos casos que ejemplifican las diferentes estrategias de conexión con el sector externo y cómo la mentoría juega un papel clave en la implementación de metodologías de aprendizaje activo

#### 4. Caso: Ingeniería Industrial

El programa de Ingeniería Industrial ha consolidado con resultados muy positivos el espacio que la Facultad ha venido llamando "Cursos Proyecto". Particularmente se hace mención en este artículo al espacio de mitad de carrera. Entre quinto y séptimo semestre los estudiantes tienen una de tres

opciones: 1) Práctica profesional, 2) Proyecto Intermedio Consultoría y Proyecto Intermedio Ingenieros sin Fronteras.

Proyecto Intermedio es uno de los espacios del plan de estudios de Ingeniería Industrial en donde se espera que los estudiantes integren su conocimiento disciplinar para dar solución a una problemática real. Este espacio de aprendizaje difiere del esquema tradicional de un curso dado que, en lugar de centrarse en la comprensión de una temática particular, busca desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para que, durante su proceso de formación, pueda resolver problemas en un contexto específico, haciendo uso de algunas herramientas presentadas y sus conocimientos. Cada alternativa cuenta con enfoques, actividades y procesos de evaluación diferentes.

La segunda y tercera alternativa está bajo la responsabilidad del equipo docente del curso y se espera que el estudiante reflexione sobre los conocimientos y herramientas propios de la carrera que sean útiles para identificar, validar e implementar soluciones a problemas empresariales usando prototipos funcionales. La solución/alternativa responderá a un reto planteado por una empresa existente (en el primer caso) y un reto de impacto social planteado por una persona u organización (en el segundo caso). De esta forma, la experiencia se plantea como un punto de partida hacia el ejercicio profesional.

En el caso de Práctica Profesional los estudiantes realizan una estancia de un semestre en una organización. En los otros dos casos los estudiantes realizan proyectos en equipos con la compañía de un mentor que usualmente es o bien un egresado de ingeniería industrial, un emprendedor que ha tenido éxitos o fracasos organizacionales o lo que hemos denominado un postulador de retos.

### **¿Y el rol del mentor en el proceso de aprendizaje?**

En estos dos casos se han diseñado diferentes roles para los mentores. En el caso del proyecto intermedio-consultoría se han definido los roles de consultores junior y consultores senior. Los consultores junior son monitores que ya han realizado el curso y que están por acabar su carrera; estos mentores ayudan a guiar el grupo de estudiantes que están trabajando en el reto empresarial. Su tarea es fundamental en cuanto realizan una contribución basada en su propia experiencia. Los consultores senior son los mentores de las empresas. Ellos enriquecen el proceso de aprendizaje, obviamente porque conocen el reto, pero adicionalmente porque tienen la capacidad de proporcionar elementos pragmáticos que los estudiantes no necesariamente han adquirido en su formación profesional. En el caso de proyecto intermedio-ingenieros sin fronteras el mentor que pone a disposición Distancia Cero\_Retos es alguien de experiencia que confronta permanentemente el desarrollo del diseño del proyecto. Este mentor tiene un rol similar al del consultor senior, sin embargo, al no estar involucrado directamente en el reto organizacional propuesta genera unas dinámicas de coordinación tanto a los estudiantes como a los promotores del reto.

## **5. Caso: Ingeniería de Sistemas y Computación**

En el proyecto de formación para la innovación, se viene realizando desde 2005 un curso-proyecto de 16 semanas, con estudiantes de mitad de carrera, de Diseño de Producto e innovación con

Tecnologías de Información (Proyecto de mitad de carrera). En dicho proyecto la participación de empresarios mentores se estructuró de la siguiente manera:

- Después de una etapa de exploración y selección de problemáticas para abordar como oportunidades de innovación con TIC, los estudiantes son autónomos en la *selección y estructuración* de un proyecto en equipo.
- Esta *propuesta* se presenta con validaciones preliminares de potenciales usuarios y expertos temáticos, ante un "Board" de *Empresarios-mentores*, en donde reciben realimentación y lineamientos para profundizar o sugerencias de cambiar de foco.
- Cada proyecto recibe la atención y *seguimiento de un empresario-mentor* a lo largo del proyecto, en reuniones con una periodicidad de mínimo un mes.
- El *board de empresarios-mentores* recibe nuevamente con fines de realimentación presentaciones de avance de los proyectos 4 semanas antes de la presentación de su *PMV (Prototipo Mínimo Viable)*
- El proyecto, el *PMV operando*, y la validación con usuarios, se presenta ante un público profesional, en *LaMuestra* (Formato feria durante la semana de la innovación).
- Una semana después de *LaMuestra* los proyectos que manifiesten su voluntad de continuar, son invitados a participar en *ElConcurso de Innovación con TIC* (cuyo jurado lo constituye el "board" de *Empresarios-mentores*).
- El equipo ganador recibe un estímulo (inicialmente desde la decanatura de Ingeniería y desde 2015 patrocinado por empresarios-mentores exalumnos de este proceso), y un *seguimiento "premium" durante un año* (junta directiva de dos empresarios-mentores y un profesor, buscando su consolidación).

En 2006, Los ganadores de *ElConcurso de innovación con TIC* fueron el equipo del proyecto *Trancones.com*. Este proyecto cuya mentora fue Yolanda Auza, se consolidó y dio origen a la empresa *Datatraffic*. Sus líderes, Sergio Sinuco y Francisco García, egresados de 2009, llevaron adelante una empresa basada en conocimiento TIC que buscaba generar valor con base en cartografía digital y datos en tiempo real.

*Datatraffic* tuvo la iniciativa de volverse patrocinador de *ElConcurso de Innovación* y desde 2015 ha acompañado todo el proceso, tanto de mentoría durante el curso-proyecto, como de los equipos ganadores semestre a semestre. El premio en recursos de dinero por parte de *datatraffic* es de 3MCOP (1000 USD en su momento), y la mentoría se hace con base en una junta directiva para el proyecto seleccionado, y un cubículo en los laboratorios de ingeniería durante un año. El contar con esta dinámica tanto en el curso-proyecto como en el apoyo del primer año de los ganadores de *ElConcurso*, ha sido muy importante en el proceso de formación para la innovación que se inició en 2005. Muy interesante indicador de este proceso es el hecho de que los ganadores de 2016-2017, liderados por Felipe Otálora, y Sebastián Valencia, fundaron *Treble.ai* que se ha vinculado al proceso como empresarios-mentores y como co-patrocinadores de *ElConcurso de innovación con TIC*, desde 2020. El dinamismo en el proceso de mentoría (durante el curso-proyecto y después del concurso), el impacto de dicho proceso en la orientación y el alcance de los proyectos que se generan en el curso-proyecto, muestran la sinergia que este modelo genera y el impacto en nuestro ecosistema de innovación y emprendimiento, desde este eslabón de formación para la innovación.

## ¿Y el rol del mentor en el proceso de aprendizaje?

Los empresarios-mentores que colaboran con este proceso, son personas experimentadas en el sector de TIC, como líderes, innovadores, con experiencia internacional, abriendo oportunidades y mercados nuevos. En este caso particular, contamos con un grupo de 20 mentores cuyos perfiles y generaciones son diversos, que ponen al servicio de las iniciativas de los estudiantes sus experiencias y saberes en la toma de decisiones. Los mentores, que se han seleccionado cuidadosamente, tienen un conocimiento del perfil y de la orientación del proceso: Trabajo en Equipo, Autonomía en la toma de decisiones, la comunicación, y búsqueda de innovación con base en conocimiento y TIC. Actualmente este equipo de mentores acompaña a 16 equipos de 5 estudiantes. En reuniones cada 3-4 semanas en donde con base en el intercambio crítico de ideas con el empresario-mentor, el equipo toma decisiones sobre su proyecto y lo lleva a un nivel de PMV (producto Mínimo Viable) con validaciones con usuarios y con expertos temáticos y en TIC. El grupo de Empresarios-Mentores, se reúne en tres momentos como “board” (jurado con impacto en la evaluación). En la formulación del proyecto y la validación de la misma con usuarios potenciales y expertos. En la fase final de construcción del PMV, tres semanas antes de LaMuestra, y una semana después de ésta, como jurados del concurso de innovación con TIC, en el que participan los equipos que quieren continuar, y el jurado tiene la misión de seleccionar UN EQUIPO-PROYECTO ganador, con la ambición de que, con trabajo y acompañamiento de un año, llegue a un nivel competitivo internacional.

## 6. Principales aprendizajes

El mentor en estos cursos se ha convertido en un aliado muy importante que ayuda al equipo docente a reforzar la importancia de la aplicación de los conceptos aprendidos en el aula. Es un reto permanente lograr que la interacción de los mentores con el equipo docente sea un escenario de aprendizaje colectivo donde lo más importante es contribuir a la formación de los ingenieros.

La experiencia para los estudiantes de intercambiar de manera crítica ideas alrededor de iniciativas de los estudiantes, y de tomar decisiones con base en esta experiencia, se ha mostrado muy relevante en el proceso de aprendizaje y entrenamiento de los estudiantes. Así lo muestran las evaluaciones que se han reportado en (Hernández et al. 2019). De manera análoga, los empresarios-mentores encuentran retos y propuestas refrescantes, encuentro con talento en formación, temas de intercambio con colegas sobre temas de frontera, y también retos para *acompañar sin dirigir* que son muy interesantes según lo han manifestado. (Hernández et al. 2010). En el caso de Ingeniería de Sistemas y Computación se ha contado con la experiencia en el diseño y desarrollo de tecnología de emprendedores y CEO representantes de la industria de Tecnología e Información. En el caso de Ingeniería Industrial hemos contado con egresados que han diseñado y puesto en marcha sus empresas; en el caso del curso de Ingenieros sin Fronteras hemos contado con comunidades rurales, migrantes, etc. El anterior ecosistema ha permitido que los estudiantes se vuelvan co-equiperos de los mentores y que, por medio de su experiencia hayan logrado apropiarse de esas competencias que organismos como Abet y CNA recalcan.

## 7. Conclusiones

La ingeniería desde sus pilares promueve el cambio, la intervención y la generación de soluciones que contribuyan al bienestar de la sociedad. Es bajo esta premisa que el incluir estrategias de relacionamiento con el sector externo se vuelve cada vez más relevante. La promoción de estas estrategias es posible gracias a la implementación de metodologías de aprendizaje activo las cuales facilitan la articulación de actores del sector externo en los procesos formativos. Uno de los posibles roles de inclusión es la *Mentoría* donde profesionales con diversas expertises aportan al desarrollo de los proyectos o retos liderados por los estudiantes. En el presente artículo se expuso la mentoría como una estrategia de relacionamiento en el marco de dos programas de ingeniería de la Universidad de los Andes: Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas y Computación. Como se ilustra en cada uno de los casos, la mentoría facilita el acercamiento con el sector externo primero, al apoyar a los estudiantes en el entendimiento del usuario, su necesidad y contexto; y como segundo, en la conducción y toma de decisiones en el marco de proyectos donde es necesaria la validación real de los resultados. La inclusión de la mentoría en los procesos de aprendizaje contempla niveles superiores de complejidad a la enseñanza “catedrática o tradicional”. Lo anterior hace necesario la inclusión de aliados estratégicos como Distancia Cero y Datatrafic que apoyen al equipo docente en lograr el balance entre un relacionamiento efectivo con el sector externo y los objetivos de aprendizaje de los estudiantes.

## Referencias

- Arias J, Ramírez M, Duarte D, Flórez M, Sanabria J (2016) poCDIO: A Methodological Proposal for Promoting Active Participation in Social Engineering Projects, *Syst pract and action res* 29: 379–403.
- Barros R., Ramírez, C. & Stradaioli, K. (2005). Learning of the relation between communication structures and organizational strategies and organizational effectiveness by the means of an active methodology. Documento no publicado.
- Hernández, J. T., Ramírez, M. C., Zúñiga, M. F., Duque, J. S., Blanco, G., & Forero, R. (2019). Formación para la innovación: La evolución de un curso-proyecto de mitad de carrera durante diez años, y una evaluación de su impacto. In *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería 2019*.
- Hernández, J. T., Cajiao, C. R., & Díaz, A. C. (2010). Formación para la innovación con TIC: un proyecto conjunto facultad de ingeniería-empresarios. *Revista Educación en Ingeniería*, 5(9), 12-20.
- Ramaswamy, S., Harris, I. & Tschirner, U. (2001). Student peer teaching: An innovative approach to instruction in science and engineering education. *Journal of science education and technology*, 10, 2, 165-171.
- Ramírez M, Sanabria J, Duarte D (2012) Ingenieros Sin Fronteras: Un espacio académico para proyectos auto-sostenibles en torno a comunidades marginales, *Rev int de sosten tecnol y humanismo* 7: 111-129
- Ramírez M, Plazas J, Torres C, Silva J, Caicedo L, Gonzalez M (2012) A Systemic Framework to Develop Sustainable Engineering Solutions in Rural Communities in Colombia; Case Study: Ingenieros sin Fronteras Colombia, *Syst pract and action res* 25(2): 95-116

- Tecnológico de Monterrey. (2018). *¿Quién es un socio formador?* Obtenido de <https://tec.mx/es/socios-formadores>

### Sobre los autores

- **María Catalina Ramírez:** Ingeniera Industrial Pontificia Universidad Javeriana, Magister Ingeniería Industrial Universidad de los Andes, PhD Ingeniería Gestionale Politecnico di Milano. Profesora Asociada Universidad de los Andes. [mariaram@uniandes.edu.co](mailto:mariaram@uniandes.edu.co)
- **Diana María Duarte:** Ingeniera Industrial y Magister Ingeniería Industrial Universidad de los Andes. Profesora de Cátedra Universidad de los Andes y Directora Distancia [Cero.dm.duarte29@uniandes.edu.co](mailto:Cero.dm.duarte29@uniandes.edu.co)
- **José Tiberio Hernández:** Ingeniero Sistemas y Computación y Magister Ingeniería Sistemas y Computación Universidad de los Andes, Docteur Ingenieur Ecole Nationale Supérieure Des Techniques Avancées. Director grupo IMAGINE (I+D+i en computación visual). Profesor Asociado Universidad de los Andes. [jhernand@uniandes.edu.co](mailto:jhernand@uniandes.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)