



# ACTIVE INNOVATIVE PRACTICE IN ENGINEERING EDUCATION PROCESSES

**María Catalina Ramírez, Alba Ávila, Mauricio Duque, José Tiberio Hernández**

**Universidad de los Andes  
Bogotá, Colombia**

## Resumen

El papel actual de la ingeniería, especialmente en el contexto colombiano y latinoamericano, exige la participación activa en organizaciones tanto públicas como privadas, para crear oportunidades para innovar desde una perspectiva científico-técnica. Los innovadores se forman dentro de las instituciones educativas que para nuestro caso la Universidad de los Andes, quien ha fortalecido y promovido un ecosistema y cultura de innovación. Dentro del cual se encuentra un centro de innovación (InnovAndes) y la integración de una opción conformada por un grupo de 5 materias que un estudiante de pregrado de cualquier programa de la universidad puede tomar complementaria a su programa obligatorio, conocido como opción en innovación con tecnología. Dentro de esta opción el curso de apertura Ciencia, tecnología e innovación se presenta aquí como una propuesta que integra factores críticos para despertar y entrenar jóvenes en innovación, estos son: la participación de un grupo de profesores interdisciplinario, incorporación de actores (académicos, empresarios, de gobierno, centros, sociedad y programas de inversión), gestión de la innovación (articulación de actores), contextos que promueven innovación (integración entre políticas de ciencia y tecnología a políticas de innovación), escenarios y roles innovador/ra vs inversionistas y casos de innovación tanto propuestos como analizados. En este curso se promueven aprendizaje activo (*"aprender haciendo"*) y dinámicas de trabajo en grupo interdisciplinario dentro de dos contextos uno obligatorio fijado por profesores y otro voluntario definido por los estudiantes con el fin de formar conciencia dentro de las estructuras de grupo que gestionen fortalezas y barreras de comunicación y distribución de trabajo. Presentamos nuestra experiencia en el diseño e implementación de cursos de apertura en opciones de innovación que demandan una transformación de currículos y cursos para integrar estrategias educativas en innovación. Estas estrategias sugerimos deben sumarse a las que ya las universidades han fortalecido en ciencia y tecnología dando la perspectiva a los estudiantes de que estas tres son el motores de crecimiento económico y de desarrollo social, en una fase temprana de sus programas académicos para nuestro

caso, entre sus dos primeros años de carrera. Los estudiantes que toman el curso se espera hayan ampliado la comprensión de innovación con otros cursos de la opción y de igual forma han integrado sus visiones dentro de los proyectos de otras materias y tesis de los programas a los que ingresaron.

**Palabras clave:** aprendizaje active; ciencia y tecnología; cursos de innovación

### **Abstract**

*The current field of engineering, especially in the Colombian and Latin American context, requires the active participation of both public and private organizations to create opportunities for innovation from a scientific and technical perspective. Our case the University of the Andes, has strengthened and promoted a culture of innovation through a center called InnovAndes as well as a program known as "option in innovation with technology" which integrates 5 subjects that an undergraduate student of any college program can take along with the mandatory program. Within this program, we propose the introductory course Science, technology and innovation which integrates critical components to awaken and train young people in innovation, these include: the participation of a group of interdisciplinary faculty, involving actors (academics, businessmen, government, schools, society and investment programs); innovation management (joint actors); promoting innovation contexts (policy integration between science and technology innovation policies); scenarios and innovation roles (innovator vs. investors) and cases of innovation both proposed and analyzed. This course promotes active learning ("learning by doing") and dynamic learning, which involves working in interdisciplinary groups in two contexts. The first is a group developed by teachers and the second group the students chose as a way to develop awareness within group, specifically to strengthen ability to manage communication barriers and distribution of work. We present our experience in the design and implementation of courses that focus on enhancing innovation and demonstrate the transformation of curricula and courses needed in order to integrate educational strategies in innovation. These strategies also specify what should be added to those courses that already strengthened universities in science and technology in order to provide students with the understanding, at an early stage of their academic programs, the seeds of innovation and how they can be transformed into the engines of economic growth and social development. Students taking the course have expanded their understanding of innovation, utilizing it in other courses and likewise have integrated their visions within the projects of other materials and theses of the programs to which they were admitted.*

**Keywords:** active learning; science and technology; innovation courses

### **Introducción y contexto**

Países como Colombia requieren promover ideas que generen emprendimientos que generen valor en el mercado y/o en ámbitos sociales. Se requiere que estos

emprendimientos tengan desarrollos basados en el conocimiento que, desde la ingeniería, promuevan cambios con impacto social y económico. Es por ello que un grupo interdisciplinario de profesores de la Universidad de los Andes se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo generar competencia para la innovación y el emprendimiento con base STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas)?

Para lo anterior la universidad de los Andes ha promovido y fortalecido y un ecosistema y cultura de innovación en diferentes contextos dentro de la comunidad concentrado en: Creación y mantenimiento de espacios (eventos, foros, documentos,...etc.) de exposición local e internacional, y de intercambio con el sector externo acerca de oportunidades, resultados y casos exitosos. El fomento de la alianza de las Facultades con empresas públicas y privadas, brindando información relevante sobre las posibilidades tecnológicas e identificando oportunidades de innovación. La creación de espacios de trabajo (centro de innovación (InnoVandes)) y programas complementarios interdisciplinarios encaminados a la formación para la innovación. La constitución de un Fondo de recursos externos nacionales e internacionales para la iniciativa de innovación. El diseño e implementación de estructura de Propiedad Intelectual. El incremento del nivel de participación de las Facultades en las diferentes asociaciones nacionales e internacionales creadas para este propósito (Innovación & Emprendimiento). Con todos estos frentes de acción, la universidad busca incorporar formalmente la innovación y el emprendimiento a las distintas dimensiones de la actividad académica de las Facultades -la docencia, la investigación y la relación con el sector productivo y social- con el ánimo de prestar una contribución significativa a la competitividad de las empresas y al desarrollo del país

En formación para la innovación, la universidad creó un programa complementario desde el 2014 registrado como Opción en Innovación con Tecnología. Esta opción da a los estudiantes la posibilidad de definir desde el inicio de su carrera o después de culminar el ciclo básico de materias de ella, un énfasis específico en innovación. La opción comprende cuatro grandes frentes: formación para la innovación (en donde está esta opción), innovación, investigación y desarrollo, innovación y empresa, innovación y emprendimiento. La opción está abierta a los estudiantes de los 39 programas de pregrado de la universidad. Esta tiene como objetivos desarrollar competencias que le permitan a los/las estudiantes: analizar casos de innovación e identificar las diferentes oportunidades y factores de éxito/fracaso, desarrollar proyectos de innovación con base científica/tecnológica, en grupos interdisciplinarios de trabajo, desarrollar habilidades de comunicación y trabajo en equipo, incorporar ciencia y tecnología en procesos de innovación, identificar oportunidades de emprendimiento en un contexto global con base en proyectos innovadores, desarrollar habilidades de comunicación, creatividad, trabajo en equipo y pensamiento divergente que les permita identificar posibilidades de innovación. El núcleo de cursos se diseñó para cumplir estos objetivos y comprende 5 cursos, cada curso tiene asignado un número de créditos académicos que para la opción equivalen a 15 (un crédito equivale a una hora semanal de clase más tres horas de trabajo individual a la semana). Los cursos son dos cursos obligatorios de apertura y cierre: Ciencia. Tecnología. Innovación y Taller Integrado de Innovación; cursos electivos que hacen parte de los programas de pregrado de la universidad: Creación de Nuevas Empresas,

Tecnología e Información, Derechos de Autor, Creatividad, Negocios en Plataformas Tecnológicas, Tecnología y Sociedad, Tecnología y Globalización, TI en las Organizaciones, Introducción a la Ingeniería Ambiental, Introducción a la Ingeniería Biomédica, Introducción a la Ingeniería de Sistemas, Introducción a la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Introducción a la Ingeniería Industrial, Introducción a la Ingeniería Química. Estos cursos electivos buscan complementar desde una perspectiva interdisciplinaria su formación en creatividad, emprendimiento e ingeniería.

La motivación para proponer esta Opción es propiciar en los estudiantes de pregrado una actitud de innovación para que, independiente del campo y disciplina donde se vaya desenvolver, les permita identificar, liderar y/o coordinar oportunidades de innovación, en donde la tecnología juega un rol central. Esta motivación es, además, una respuesta a las nuevas necesidades de formación de los estudiantes que se han derivado de los rápidos cambios tecnológicos y a los nuevos esquemas socio-económicos y de mercados en los cuales ellos se desenvolverán en su vida profesional. El diseño de la innovación representa un reto al tener una característica de opción interdisciplinaria que demanda la articulación de cursos-proyecto existentes y nuevos en diferentes programas de la Universidad, diseño de cursos dirigidos por varios profesores con participación interdisciplinaria enfocada a solución de problemas, generación de nuevas ideas, conceptos, entre otros; un fuerte aporte de aprendizaje activo y de pensamiento crítico ya que se motiva a los estudiantes a desarrollar proyectos durante varios de los cursos y presentarlos a sus pares del curso y también a la comunidad externa en ferias y exhibiciones tanto internas a los andes como a nivel nacional. Considerando el contexto de la opción y el reto de los cursos de apertura nos centramos en describir el diseño del curso Ciencia, tecnología e innovación

### **El curso de Ciencia, tecnología e innovación**

Este curso de apertura busca apoyar un proceso de reflexión inicial en estudiantes de pregrado de programas 4 años en una temprana fase de sus carreras (entre segundo a cuarto semestre) que quieren desarrollar sus competencias de innovación y emprendimiento basados en conocimiento. El curso se diseñó para exponer al estudiante a diversos roles en un periodo de 16 semanas de clase con una intensidad de 3 horas por semana presenciales: un rol de estudiante, un rol como creador del curso, un rol como innovador y un rol de inversionista. Las actividades asociadas a cada rol se integraron a los procesos de evaluación durante el desarrollo del curso. La tabla 1, describe la ponderación por rol y los componentes que le describen sobre una calificación sobre 100 puntos.

Tabla 1. Descripción de los roles que asume el estudiante durante el desarrollo del curso

Rol	Componente	Primera parte	Segunda parte
Estudiante	Lecturas, foros, asistencia, trabajos académicos. Cada participación se califica con: 0: no participó 1: participación muy limitada o incompleta 2: participó realmente	10	10
Desarrollador: Iniciativa curso	Planear, diseñar y desarrollar una actividad central del curso. Trabajo en equipos de 7 a 8 personas seleccionadas aleatoriamente. Cada grupo tendrá un profesor tutor.	Proceso: 15	Resultado:20
Innovador: Empresa de innovación	Seleccionar, desarrollar una idea, plantear un modelo de negocios y evaluar la factibilidad. Cada empresa se presenta en tres ruedas de negocios, dos ante el mismo curso donde los estudiantes serán pequeños inversionistas y una final con un panel externo de expertos, quienes colocarán recursos limitados en aquellas ideas con sus modelos de negocio con mayor potencial. Los grupos serán ensamblados por los mismos estudiantes por medio de una dinámica a desarrollar durante la segunda y tercera semana. Cada grupo tendrá un profesor tutor.	Proceso:10	Proceso:10 Producto:15
Inversionista	Analizar las ideas y modelos de negocios e invertir, con criterio, una cantidad limitada de recursos en algunas de ellas. Si la selección coincide razonablemente con las selecciones del panel de expertos externos, la inversión se valorizará. Quienes realicen una acción de inversión "promedio" tendrán los 10 puntos, quienes sean exitosos podrán tener hasta 15 puntos, mientras quienes hayan hecho una "mala" inversión podrán tener mínimo 5 puntos.		10

El curso promueve la participación individual y el trabajo en grupo. El primero se basa en lecturas que están disponibles en un blackboard diseñado para el curso y sobre las cuales se diseñan actividades de presentación en clase, discusión en foros, entregas de ensayos escritos, roles individuales como inversionistas. Las actividades grupales giran integradas dentro de roles giran en torno a:

*-El grupo de innovación&emprendimiento:* este está integrado al rol de innovador que se desea motivar en los estudiantes. Ellos proponen ideas semilla de parejas (problemática, propuesta) que compiten para conformar grupos de trabajo que a lo largo del semestre desarrollan y le dan forma a propuestas de innovación y emprendimiento basados en conocimiento.

Estas nacientes "empresas" van a competir por inversión que tendrá en cuenta la innovación, la factibilidad y el potencial del equipo de trabajo. Los proyectos son acompañados por el grupo de profesores mentores y cada 3 semanas hay una ronda de realimentación en la que después de una presentación de 10 minutos, entre grupos del curso se dan realimentación o grupos de invitados externos hacen aportes a los proyectos desde distintos puntos de vista. En estas actividades el rol de inversionista y

de actores de innovación se cambia dinámicamente durante las diversas sesiones de presentación.

De otra parte, los proyectos participan en tres rondas de “inversión” que van generando una “valoración” del emprendimiento. Las dos primeras son internas del curso (ver abajo “el inversionista”) y la tercera (que da el patrón de oro) es con un grupo de inversionistas reales que colaboran con nuestro proyecto de formación para la innovación.

La metodología seguida para selección de ideas se basa en un proceso de inicial de generación de ideas, una selección y clasificación de las mismas en dos rondas una con estudiantes y otras con profesores. Se motiva el uso de un sistema interactivo interno de la universidad basada en plataforma *blackboard* para las rondas de selección en las cuales se realizan votaciones y comentarios para tener un número de ideas que permita una distribución uniforme de los estudiantes del curso. El cual varía cada semestre. Las ideas propuestas se recomienda tenga en cuenta situaciones problemáticas o necesidades de un sector de la población, ya sea presente, ya sea futura y un fuerte componente de ciencia y tecnología dentro de sus potenciales soluciones. Una vez seleccionadas las ideas se realiza la conformación de los grupos de acuerdo a los intereses de los estudiantes. Las propuestas han incluido ideas en: sequía en el Orinoco, agua potable, seguridad en automóviles, alimentos orgánicos, enfriamiento rápido de bebidas, atención médica, ahorros de energía, inodoro ahorradores

*-El grupo de análisis de los procesos de innovación en Colombia y Latinoamérica: Si bien en el eje anterior los equipos se formaban con base en el interés y la iniciativa de los estudiantes, en este, el equipo de profesores conforman los grupos de trabajo a lo que se les hace un “encargo”: Analizar un aspecto del sistema de innovación con base en conocimiento, realizar un “estado del arte” del mismo, y organizar una sesión en la que deben participar expertos externos a la universidad en la que se busque contribuir a la cultura de innovación del entorno. Dicha sesión debe ser abierta o público más allá del grupo del curso. Ejemplos de estas actividades han estado enfocados en: Propiedad intelectual en universidades latinoamericanas, Apoyo a la innovación y el emprendimiento desde el sector privado, Innovación y emprendimiento con impacto social y ambiental, Innovación, emprendimiento y políticas públicas, Innovadores-emprendedores en acción, ecosistema de innovación interno a la Universidad de los Andes. Estas temáticas se actualizan semestre a semestre.*

**-El inversionista:** Cada estudiante participa como inversionista en dos rondas. Y su inversión es valorada finalmente por un grupo de inversionistas que da el valor “final” en la tercera ronda.

La primera dos semanas después de conformados los grupos de los proyectos de innovación & emprendimiento en la que invierte 100 “sénecas”-moneda ficticia interna del curso- en los distintos proyectos que se presentan en presentaciones de 5 minutos por proyecto. Las inversiones recibidas por cada proyecto representan el 10% de

participación del mismo y dan una primera estimación del “valor” relativo de los proyectos desde el punto de vista de los estudiantes (como inversionistas). La segunda, cuatro semanas después, igualmente con base en presentaciones de cinco minutos de cada proyecto, los inversionistas aprecian la evolución de los proyectos en cuanto a la innovación planteada como base para la solución, y el planteamiento del modelo de negocio asociado. Cada inversionista puede invertir 100 sénécas y, la inversión recibida va a representar un segundo 10% de cada proyecto. Como resultado de estas dos rondas, cada estudiante-inversionista detenta un porcentaje de participación en varios de los emprendimientos presentados.

La tercera ronda, al final del curso, un grupo de inversionistas reales que muy amablemente colaboran con este proyecto, invierte cada uno 1000 “sénécas” en los proyectos de los que han recibido previamente una ficha de presentación y que hacen una presentación de 7 minutos. La inversión que un proyecto recibe tasa el “valor” del 10% de dicho proyecto. Este monto tiene impacto en el valor.

En cada rol asumido individual o grupalmente el estudiante cuenta con el acompañamiento del grupo de profesores. Para actividades grupales como desarrollador, se distribuyen tareas como líderes de grupos y profesores responsables por grupos. Para actividades de innovación y emprendimiento se mantiene la dinámica. Esta metodología motiva la interacción del profesor más allá del salón de clase, extendiendo las horas de atención por grupo.

Las actividades anteriormente mencionadas se complementan con visitas a laboratorios y entrevistas a grupos de investigaciones la universidad relacionados con los temas de innovación con el fin de que los estudiantes se sensibilicen y conozcan investigadores y grupos de investigación dentro del campus quienes pueden ser sus colaboradores en las ideas y proyectos que desarrollan en el curso o en los que posteriormente desarrollaran.

## Comentarios

La universidad de los Andes cuenta con un sistema de encuestas para monitorear el desarrollo de los cursos. Los resultados y comentarios presentados aquí hacen parte de esta evaluación institucional y de sus registros de estudiantes.

El curso Ciencia, tecnología e innovación se ha dictado semestralmente por 2.5 años consecutivo con poblaciones estudiantiles de 10 diferentes programas de pregrado en promedio distribuidos anualmente en: (45) 2013, (42) 2014, (39) 2015. Lo que demuestra un constante interés por las temáticas tratadas en el curso. El porcentaje de deserción es del 2%. Con base en la evaluación del 2015, se resalta que el 82% de los estudiantes consideran que las diversas actividades ples formalicen sus habilidades de comunicación, el 87% considera que su participación en el curso es tomada en cuenta y consistente con el diseño de las actividades y el sistema de evaluación es consistente y coherente con los roles y actividades diseñadas en el curso, la asistencia y participación es del 88% de la población. Los estudiantes valoran la participación de profesores con diferentes fortalezas, algunos comentarios cualitativos del curso registran

*"Buen curso hacen actividades interesantes, nos actualizan en temas necesarios, se aprende mucho me gustó mucho. El hecho de que haya más profesores hace que se puedan sacar muy buenas ideas de diferentes personas".* Otros recalcan *"es importante entender dónde están las fuentes de financiación de proyectos en Colombia y como están alineándose pláticas de competitividad, públicas y de ciencia y tecnología";* además el curso *"me permitió conocer grupos y proyectos de investigación y desarrollo en mis departamentos que no sabía existían y temáticas novedosas que no consideraba se trataban en la universidad"*.

Como coordinadores del curso resaltamos que las actividades distribuidas en roles desarrolladas un ambiente de aprendizaje activo, estimulan las competencias de trabajo en equipo, comunicación y una directa interacción con los docentes. Por otra parte, la confrontación iterativa a críticas de personas con competencias diversas, el comprometerse en las críticas a través de sus *"inversiones"* y recibir la realimentación de la valoración o no de su inversión por parte de un grupo externo (inversionistas invitados con experiencia en evaluación de proyectos de innovación), el asimilar la *"valoración del mercado"* en el ejercicio de recibir o no inversión en el proyecto, busca facilitar una formación de criterios que son alimentados tanto por las lecturas y los análisis académicos, como por la confrontación del *"mercado"* controlado que hemos construido. Es demandante tener diversos temas para los proyectos de innovación lo que representa un reto para establecer redes de trabajo que continuamente se construyen y redefinen de acuerdo a las necesidades de los temas abarcados en el curso.

Los estudiantes que toman el curso se espera hayan ampliado la comprensión de innovación con otros cursos de la opción y de igual forma han integrado sus visiones dentro de los proyectos de otras materias y tesis de los programas a los que ingresaron. Esto reflejará en los estudiantes una habilidad para mantener un aprendizaje continuo. A futuro se requieren programas de seguimiento dentro de los cursos de la opción que permitan establecer indicadores o casos en que estudiantes integren conceptos o pagan en práctica ejercicios de innovación en sus proyectos de final de carrera, y tesis. Un reto posterior está en que capacidades se desarrollaron en la población de egresados para abordar problemas del entorno nacional y generar innovaciones sostenibles.

## Referencias

- Ramírez C., Hernández J. (2012), "¿Cómo enfrentan los estudiantes de ingeniería el reto de diseñar proyectos de impacto gracias a la interdisciplinariedad?" En: Colombia. 2012. Evento: Reunión Nacional ACOFI 2012 Ponencia: ¿Cómo enfrentan los estudiantes de ingeniería el reto de diseñar proyectos de impacto gracias a la interdisciplinariedad?
- Ramírez C., Hernández J., Carvajal J., "Observe, Conceive, Design, Implement and Operate: Innovation for sustainability" Technological, Managerial And Organizational Core Competencies: Dynamic Innovation. ISBN: 9781613501658 ed: , v. , p.1 - ,2011

- Ramírez, C, González M, Caicedo L (2011)., "Developing Professional Skills Through Engineering Education" 2011 Research in Engineering Education Symposium - REES, Madrid, Taylor Francis.
- Ramírez C., " Innovación, Comunicación Efectiva y trabajo en equipo. Un entrenamiento en ingeniería para la construcción de soluciones para el desarrollo sostenible de comunidades vulnerables". En: Colombia. 2011. Evento: Reunión Nacional ACOFI Ponencia: Innovación, Comunicación Efectiva y trabajo en equipo. Un entrenamiento en ingeniería para la construcción de soluciones para el desarrollo sostenible de comunidades vulnerables.
- Ramírez C., Carvajal J., Hernández J., "Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education: A Case of a Computing Engineering Course" En: Colombia International Journal Of Engineering Education ISSN: 0949-149X ed: Tempus Publishing Group v.26 fasc.6 p.1536 - 1549 ,2010
- Carvajal J., Ramírez C., González M. , Arias J., Torres C., "Innovation, Effective Communication and Teamwork Training for Build Engineering Solutions in Sustainable Development of Vulnerable Communities" En: Suecia. 2010. Evento: International Conference in Engineering Education for Sustainable Development Ponencia: Innovation, Effective Communication and Teamwork Training for Build Engineering Solutions in Sustainable Development of Vulnerable Communities
- Ramírez, C., Hernández J., (2010). Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education: A case of Computing Engineering Course. International Journal of Engineering Education.26 (6), 1536-1549
- Hernández J., Ramírez C., Romero W., "Cursos de Innovación con TICs en la formación de estudiantes de pregrado" En: Brasil. 2009. Evento: XXXV Conferencia Latinoamericana de Informática (XXXV CLEI) Ponencia: Cursos de Innovación con TICs en la formación de estudiantes de pregrado
- Hernández J., Ramírez C., Carvajal J., "Formación para la innovación con TICs: Un proyecto conjunto Facultad de Ingeniería- Empresarios" En: Colombia. 2009. Evento: Reunión Nacional y Expoingeniería- Ciencia, Tecnología e innovación en ingeniería como parte a la competitividad del país Ponencia: Formación para la Innovación con TICs: Un proyecto conjunto Facultad de Ingeniería- Empresarios Acofi
- Ramírez C., "Aprendizaje en Ingeniería basada en proyectos" .Ciencia E Ingeniería En La Formación De Ingenieros Para El Siglo XXI - Fundamentos, Estrategias Y Casos. En: Colombia ISBN: 978-958-680-059-4 ed: Opciones Graficas Editores, v. , p.129 - 151 ,2008
- Ramírez C., Hernández J., "Innovation and Teamwork training in undergraduate Engineering Education.The fair and the contest: milestones of innovation" En: Colombia. 2008. Evento: Octavo workshop ALE Active Learning engineering.
- Ramírez C., Hernández J., "Teamwork and Innovation Competences: a first semester Engineering Students' hands-on course. En: Dinamarca. 2008. Evento: SEFI- Quality Assessment, employability and innovation- SEFI Ponencia: Libro: SEFI 2008- 36th Annual conference.
- Ramírez C., Hernández J., "A Freshman immersion engineering project as a first innovation training course" .En: Dinamarca. 2008. Evento: SEFI- Quality

- Assessment, employability and innovation- SEFI Ponencia: Libro: SEFI 2008- 36th Annual conference.
- Ramírez C., Hernández J., "Expoandes. La experiencia de desarrollo de competencias de trabajo en equipo para generar aprendizaje en primer semestre de ingeniería" En: Colombia. 2007. Evento: ALAS- Asociación Latinoamericana Sistémica Ponencia: Libro: - Asociación Latinoamericana Sistémica 2007.
  - Ramírez C., Barros R, Acevedo J., "Engineering and their role in public management". En: Francia. 2007. Evento: ALE- Seven Workshop in Active Learning Engineering .Ponencia: Libro: Proceeding of seven International Workshop ALE2007.
  - M. Duque. M. C. Ramirez, A. Avila. Innovar en el aula en ciencia y tecnología con ingeniería., J.T. Hernandez. World Engineering Education Forum. WEEF2013, Cartagena, Colombia
  - Opción en innovación con tecnología. Información disponible en:<http://catalogo.uniandes.edu.co/es-ES/2014/Catalog/Academic-Options/School-of-Engineering/Opción-en-Innovación-con-Tecnología>. Acofi 2014
  - H.F. Pastrana, A. Avila, G. Moreno. Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina. Mundo nano, Vol. 5, N9, 2012.

### Sobre los autores

- **Mauricio Duque.** Ingeniero Eléctrico. Master en Ingeniería Eléctrica. Doctorado en Ingeniería INPG Universidad de Grenoble. Profesor Asociado Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad de los Andes. [maduque@uniandes.edu.co](mailto:maduque@uniandes.edu.co)
- **María Catalina Ramírez.** Ingeniera Industrial. Maestría en Ingeniería Industrial. Doctorado en Ingeniería Gestional del Politecnico di Milano, Italia. Profesora Asociada Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. [mariaram@uniandes.edu.co](mailto:mariaram@uniandes.edu.co).
- **Alba Ávila.** Física e Ingeniera Eléctrica. Maestría Microelectrónica. Doctorado en Física de la Universidad de Cambridge. Profesora Asociada Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad de los Andes. [a-avila@uniandes.edu.co](mailto:a-avila@uniandes.edu.co).
- **José Tiberio Hernández.** Ingeniero de Sistemas y Computación. Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación. Doctorado en Informática de l'Ecole Nationale Superior. Profesor Asociado Ingeniería Sistemas y Computación. 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 © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)