



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**

***Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global***

INNOVAR EN EL AULA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON INGENIERÍA

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

**Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia**

Resumen

El devenir del siglo XXI ha sido relacionado con el conocimiento en general y con el desarrollo, puesta a disposición y utilización intensiva del conocimiento, en particular del científico y tecnológico. En un proceso creciente de globalización en múltiples dimensiones posibilitado y promovido por la tecnología, se han amplificado las oportunidades y riesgos de mercado. La capacidad de competir en un mercado cada vez más global se convierte en una necesidad y esta capacidad se refleja en gran medida en la capacidad de innovación que tenga un país, sus ciudadanos y sus organizaciones; esto ha sido denominado como el ecosistema de innovación. Resulta entonces fundamental comprender y transferir lo que significa innovar desde las diversas expresiones de la innovación (tecnológica, social, etc), que a menudo es asociado con el sentido común cotidiano traduciendo innovación en hacer simplemente algo diferente o novedoso. Dentro de esta necesidad se ha diseñado el curso de *Ciencia Tecnología e Innovación* abierto a todos los programas académicos de la Universidad de los Andes. Un curso que, con acompañamiento interdisciplinario, abre el espacio para que los estudiantes apropien componentes, sinergias, metodologías y expresiones de innovación. Metodológicamente el curso promueve la aplicación de mapas conceptuales, modelo de Canvas, el estudio de casos representativos de articulación de actores y sectores y el desarrollo de actividades que promueven trabajo multidisciplinario en equipo enfocado en identificar espacios de innovación con ciencia, tecnología e ingeniería para el país. Este curso se ofrece como punto de partida para una Opción académica (conjunto de 15 créditos abierto a los estudiantes de las diversas disciplinas) en Innovación con Tecnología. Con estos cursos y con el énfasis de la opción se ha buscado fortalecer las competencias para desarrollar capacidad para adelantar proyectos de innovación tecnológica en un ambiente que promueve emprendimiento y trabajo en equipos interdisciplinarios.

En el presente artículo se explicará la Opción Académica en Innovación con Tecnología, en medio del contexto curricular, así como el impacto en la formación de estudiantes y la identificación de los retos en la inserción de cursos que integran ciencia, tecnología e innovación dentro de programas actuales de formación profesional.

Palabras clave: innovación en el aula; formación para la innovación; educación en innovación; opción académica de pregrado en innovación

Abstract

The future of the XXI century has been associated with general knowledge and the development, availability and use of knowledge intensive, particularly science and technology. The ability to compete in an increasingly global market becomes a necessity and this ability is reflected heavily on the capacity for innovation that has a country, its citizens and their organizations, this has been referred to as the innovation ecosystem. It is therefore essential to understand and innovate to transfer meaning from the various forms of innovation (technological, social, etc.), which is often associated with everyday common sense simply translating innovation do something different or new. Within this need has designed the course for Science Technology and Innovation open to all academic programs of the University of the Andes. A course with interdisciplinary support makes room for students to take ownership components, synergies, innovation methodologies and expressions. Methodologically the course promotes the use of concept maps, model canvas, case studies representing articulation of actors and sectors and the development of activities that promote multidisciplinary teamwork focused on identifying innovation opportunities for science, technology and engineering for the country. This course is offered as a starting point for an academic option (set 15 credits open to students of various disciplines) in Innovation with Technology. These courses and specifically with the emphasis of the option has sought to strengthen the skills to enable students to develop ability to advance technological innovation projects in an environment that promotes entrepreneurship and interdisciplinary teamwork.

This article will explain the development of Option Academic Innovation with Technology, amid the curriculum context and the impact on the training of students and identify the challenges in the integration of courses that integrate science, technology and innovation within existing vocational education programs.

Keywords: *innovation in the classroom; training for innovation; education innovation; undergraduate academic option innovation*

1. Introducción

En uno de los reportes de medición del Índice de Competitividad Global que publica anualmente el Foro Económico Mundial (FEM) (Colciencias, 2011) registra los avances que el país ha alcanzado en cuanto a capacidades de innovación y colaboración entre universidades y empresas. Colombia se ubicó en la cuarta posición a nivel Latinoamérica después de Chile, Costa Rica y Uruguay, superando a países como Brasil, México, Argentina y Perú.

Hacia el futuro, el Gobierno Nacional plantea alcanzar en 2014 la meta de 1 punto del PIB en inversión nacional en actividades de ciencia, tecnología e innovación. Actualmente es de 0,41%. Un paso importante en este sentido es la reciente aprobación del acto legislativo que destina el 10% de las regalías a la financiación de proyectos de ciencia, tecnología e innovación significará en los próximos años recursos por 9,4 billones de pesos para financiar megaproyectos en ciencia, tecnología e innovación acordados entre las entidades territoriales y el Gobierno Nacional. Sin embargo, la falta de comprensión de lo que significa innovar, no sólo en el público en general, sino en los profesionales, representa un obstáculo mayor, pues

puede llevar a plantear políticas públicas e iniciativas privadas muy poco efectivas dado que se centran en la novedad y no en el impacto.

¿Dónde se forman y como se motiva la innovación y el emprendimiento en los profesionales en Colombia?, es una pregunta que compete a los entes de formación y en nuestro caso se asume como una iniciativa de la facultad de ingeniería. Esta iniciativa se desarrolla en colaboración activa con facultades de diseño y administración a través de una formación básica complementaria a su programa obligatorio. Esta no constituye ni reemplaza su programa inicial de pregrado, complementa su formación interdisciplinaria y le permite a los estudiantes integrar seis electivas profesionales del programa en que estén registrados considerarse como parte de la Opción.

La opción en Innovación con tecnología fue creada en el año 2012 y tiene como metas sembrar en el estudiante bases para: La formación para la innovación, la Innovación- Investigación y desarrollo, la innovación y empresa y la Innovación y emprendimiento. Con la *opción* se pretende motivar a los estudiantes para que fortalezcan habilidad tales como:

- identificación de necesidades,
- pensamiento aplicados,
- pensamientos crítico,
- desarrollo de proyectos, políticas y marcos que promuevan las acciones de innovar y emprender,
- desarrollo planes de negocios.

Estas metas convergen y se sincronizan con las demandas por certificadores de calidad de la educación, como es el caso de ABET. En la opción integra el reto a medición de competencias, d, g y h [ABET] ¹. Dichas competencias son:

- d) trabajar en equipos multi-disciplinarios
- g) comunicarse efectivamente
- h) Entender el impacto de la ingeniería en el contexto social

Este artículo se enfoca en describir la iniciativa de la opción y algunos resultados del primer curso obligatorio que la conforma: Ciencia, Tecnología e Innovación. Un curso que se dicta por segunda vez dentro de la opción.

2. Los mitos sobre la innovación y el emprendimiento

Cada vez con más frecuencia se menciona la necesidad que tiene un país de promover la innovación en procesos, servicios y productos en el marco de un mercado que se globaliza. El requerimiento es fácil de entender: para poder vender se debe ser competitivo y esto se logra tanto reduciendo costos, como ofreciendo productos y servicios atractivos.

Sin embargo la comprensión de lo que significa innovar y como se logra usualmente está empantanada en medio de mitos y concepciones erradas (Celis, Duque & Ramirez, 2012):

- A menudo se piensa que cualquier idea novedosa es una innovación per se, cuando desde la perspectiva técnica una idea novedosa sólo se convierte en innovación cuando es efectivamente

exitosa, por ejemplo cuando tiene un impacto positivo en el mercado o ayuda a resolver efectivamente un problema social.

- A menudo innovación y emprendimiento se consideran dos asuntos independientes, pero si bien puede existir emprendimiento sin innovación, lograr una innovación implica usualmente emprendimiento. El estudio de casos de innovación con gran frecuencia muestra esta doble cara de un innovador: innova y emprende.
- A menudo se cree que la fuente de las innovaciones es la investigación científica y tecnológica, cuando la realidad muestra que esta investigación tiene impacto directo en muy pocas innovaciones. Buena parte de las innovaciones provienen de personas que no tienen formación como investigadores. Son personas conscientes de una necesidad de mercado real potencial y proponen una solución para esa necesidad, a menudo basada en tecnología, pero sin incluir ningún tipo de investigación científica o tecnológica previa explícita.
- A menudo se cree que las universidades están en el centro de la innovación, cuando son un actor más en un ecosistema de innovación, donde su principal

Una conclusión del Comité de Competitividad norteamericano resume de forma adecuada la situación: para lograr un país innovador, es necesario sintonizar a toda la sociedad con la innovación. Esto implica de acuerdo a varios estudios:

- Todo ciudadano debe tener la capacidad de analizar críticamente las situaciones y detectar oportunidades de mejoramiento. Estas posibilidades pasan por capacidades de pensamiento crítico, razonamiento científico y cuantitativo, capacidad para comunicarse y para utilizar tecnología de forma apropiada. Esto impone una necesidad urgente de mejorar la educación de todos.
- Las universidades deben preocuparse por formar recurso humano para la innovación y el emprendimiento, si bien algunas de ellas deban trabajar en investigación y desarrollo al más alto nivel. Aun en los países más desarrollados se espera que sólo un pequeño grupo de universidades sea de investigación.
- Para innovar se requiere de una sociedad que valore el riesgo y la iniciativa privada y personal.

Por ello se habla de un ecosistema de innovación, en el cual el ciudadano del común y el emprendimiento son fundamentales.

3. Macroproyecto de Formación para la Innovación y el Emprendimiento UniAndes

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes procura el desarrollo de mejores prácticas de apoyo al aprendizaje para la innovación con el fin de formar ingenieros capaces de dominar las ciencias básicas, las matemáticas y la tecnología para desarrollar conocimiento útil en la resolución de los problemas del país y de la sociedad en general (Proyecto de Renovación de la Facultad de Ingeniería, 2005), El modelo actual es:

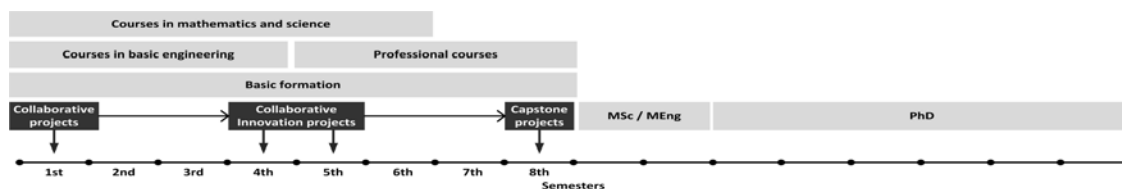


Figura 1. Cronograma académico.

En el primer semestre, el estudiante, en la dinámica de trabajo en equipo de un proyecto de ingeniería, realiza un proyecto para resolver una situación problemática identificada (proyecto de colaboración). Este trabajo debe llevarse a cabo con la orientación de los profesores en el contexto de un proyecto de ingeniería. La solución propuesta al problema identificado se presenta al final del primer semestre, con el apoyo de un prototipo, a través de informes escritos y las demostraciones públicas en los proyectos de ingeniería (primera feria). En el tercer año de estudio, trabajo en equipo, los alumnos desarrollan un proyecto innovador en el que se aplican las herramientas de diseño adquiridos durante sus dos primeros años de estudio. El desarrollo del diseño y la concepción de la idea se materializan a través de informes periódicos escritos y orales, y en la muestra pública de los proyectos de ingeniería (segunda feria). Como proyecto de grado, el estudiante debe presentar y completar un proyecto que integra las capacidades adquiridas a lo largo de su estudio (proyecto final). Todo lo anterior pretende generar en los estudiantes de ingeniería una disposición a innovar en medio de contextos reales del país. La **Opción en Innovación con Tecnología** busca reforzar el espacio de capacitación en competencias para que nuestros profesionales fortalezcan su actitud de innovación y generen propuestas de soluciones innovadoras a problemas que enfrenta el país y que presentan oportunidades de crecimiento del bienestar.

4. La Opción en Innovación con Tecnología

En el contexto anterior se encuentra el diseño de un énfasis que puede hacer cualquier estudiante de la Universidad: Opción en Innovación con Tecnología. A continuación se describe dicha opción y como el curso de apertura ha venido siendo diseñado. La Opción en Innovación con Tecnología se encuentra inscrita en el marco de la iniciativa de innovación de la Universidad de los Andes. Esta iniciativa comprende cuatro grandes frentes: Formación para la innovación (en donde está esta opción), Innovación-Investigación y desarrollo, Innovación y empresa, e Innovación y emprendimiento. Dicha opción ha sido diseñada en el contexto de algunas habilidades ABET tales como:

- d. Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinarios.
- g. Comunicarse efectivamente
- h. Educación amplia para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social.

Esta opción busca lograr que los estudiantes desarrollen competencias que les permitan:

- 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. Con base en proyectos innovadores, identificar oportunidades de emprendimiento en un contexto global

La Opción está dirigida a estudiantes de pregrado de la Universidad de los Andes interesados en fortalecer sus competencias para adelantar proyectos de innovación tecnológica en un ambiente de emprendimiento y trabajo en equipo. La opción está compuesta por 5 cursos (15 créditos). Dos cursos son de carácter obligatorio (6 créditos) y tres cursos serán electivos (9 créditos). El sistema de créditos garantizar el reconocimiento de las notas obtenidas y el trabajo dedicado a ellas por parte de los estudiantes. Un crédito demanda una carga de una hora semanal de clase presencial y un mínimo de dos o un mínimo de tres horas

de clase presencial y de trabajo fuera de aula. La estructura de la opción se soporta en 4 departamentos de pregrado y en tres grupos de cursos de apertura, de electivas y de cierre:

- **Un curso de apertura obligatorio (3 créditos):** Ciencia, Tecnología e Innovación. Curso en el que los estudiantes, mediante el análisis de casos de innovación basada en desarrollos tecnológicos, pueden identificar las características de los proyectos de innovación, factores de éxito y fracaso, como una puesta en contexto para identificar y aprovechar las oportunidades de innovación y emprendimiento.
- **Un conjunto de electivas (9 créditos)** que, según la formación de base del estudiante y de acuerdo con su consejero de la opción, buscan complementar su formación en creatividad, emprendimiento e ingeniería. De estos 9 créditos, al menos deben registrarse **un curso-proyecto** en el que los estudiantes desarrollen un proyecto de innovación.
- **Un taller de cierre obligatorio (3 créditos)** en el que los estudiantes organizados en equipos de trabajo, abordan retos con oportunidades de innovación con base tecnológica, y plantean modelos de negocio que buscan su consolidación.

La opción cuenta con un comité académico compuesto por profesores de las facultades participantes (máximo 5 profesores) y un empresario. Este comité hará un seguimiento de la marcha de la opción, de su oferta y de la evaluación de la misma. Los estudiantes contarían con consejeros en las facultades de Administración, Arquitectura y Diseño, Ciencias e Ingeniería, con el fin de orientar el conjunto de cursos con los que, dependiendo de su perfil, completaría la opción.

5. Descripción de los cursos de apertura y cierre

- **Ciencia, Tecnología e Innovación:** El curso busca promover reflexión en los futuros profesionales, sea cual sea su disciplina, sobre las competencias genéricas necesarias en relación con la ciencia, la tecnología y la ingeniería enmarcado en un contexto de innovación, productividad y competitividad. Basado en análisis de casos, este curso presenta un corpus básico de bibliografía que busca servir de marco para el trabajo en innovación y emprendimiento basados en ciencia y tecnología.
- **Taller Integrado de Innovación (Ingeniería, Administración y Diseño):** Este curso presenta herramientas para desarrollar y gestionar la innovación centrada en el usuario en las empresas, ofreciendo la oportunidad de aplicarlas a las condiciones reales de mercado. El curso hace énfasis en el desarrollo de la capacidad del estudiante como observador de la realidad y quien, a partir de esta observación, concibe, diseña e implementa soluciones competitivas.

6. Algunos Resultados

Encuestas realizadas en el evento de InnovAndes- un evento donde se presentan proyectos de innovación y emprendimiento (143 proyectos de aproximadamente 550 estudiantes de Ingeniería, Ciencias, Administración y Diseño) de estudiantes en formación en la Universidad de los Andes - han permitido identificar percepciones de los estudiantes en cuanto a barreras y retos para motivar la innovación y el emprendimiento. De un muestreo de 48 estudiantes, los datos arrojan que:

- A. A la pregunta enfocada a la a identificación de barreras para la innovación al interior de la universidad, 31% considera necesario un mayor esfuerzo en educación que cree espacios, metodologías de trabajo

en equipo, fomento de la trans-poblacional de la munidad (profesores y estudiantes), lenguajes incentivadores y motivadores, la visibilidad e integración de recursos tanto humanos como tecnológicos. El 47 % de los estudiantes no identifican barreras. El 7 % percibe que la universidad no trabaja en problemas reales, con un alto impacto en la comunidad colombiana, reconocen la carencia de innovación social. Otros, los restantes consideran que hace falta tiempo e integración de los recursos tecnológicos, movilidad de recurso humano y la transferencia del conocimiento.

- B. A la pregunta enfocada a la identificación de barreras para la innovación en Colombia. Para el 17 % la barrera esta en educación, para un 19 % del grupo está en falta de oportunidades, recursos económicos y programas de apoyo dentro de los cuales se resalta que no se tienen programas que integren a los jóvenes. El resto del grupo enfatiza la carencia de innovación ambiental, implementaciones tecnológicas, innovación vial y la falta de soluciones a problemas reales del contexto Colombiano.
- C. A la pregunta enfocada a la identificación de barreras para emprendimiento en la universidad. El 19% de los estudiantes reconocen una barrera en la falta de cultura de emprendimiento en todos los programas de ingeniería. El 15% ve una barrera en la falta de actividades, visibilidad de ellas, recurso y apoyo que a todo nivel de los programas debería estar conectado con emprendimiento. El 8 % de los estudiantes reconocen que la continuidad e implementación de muchos de sus trabajos y proyectos son una barrera para reconocer los potenciales de emprendimiento. El 4 % reconoce también un exagerado enfoque en notas y carga académica que limita el tiempo que puedan dedicar a otras actividades entre ellas la generación de redes.
- D. A la pregunta enfocada a la identificación de barreras para emprendimiento en el país. El 15% del grupo responde que no se tiene una cultura de emprendimiento, relacionada a que se cree que con ideas y sin capital no se puede ser emprendedor, el 8% enfoca sus respuestas en desconfianza y confianza por la interpretación de las respuestas se dan como sinónimos a una comunidad que no cree en el impacto en sus proyectos o ideas, el 8 % directamente reconoce la falta de recursos y apoyo nacional para emprendedores. El 5 % usa explícitamente las palabras riesgo, empezar y la necesidad de un marco e incentivos para el emprendimiento.

Otros indicadores expresados en la figuras 1, 2, 3 y 4, evidencia un excelente potencial de estudiantes de pregrado con la iniciativa de vincularse a procesos académicos de innovación.

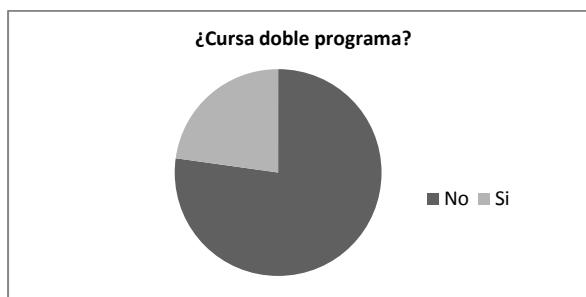


Fig 2 Caracterización de la población encuestada- 2 Programas simultáneamente

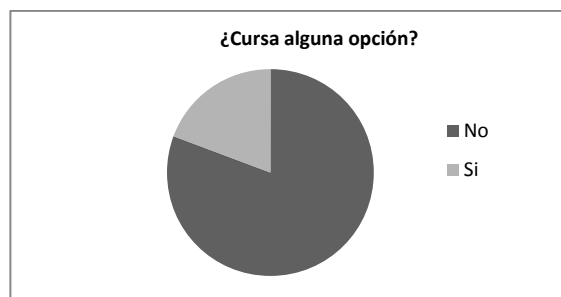


Fig 3 Población potencial para cursar la opción

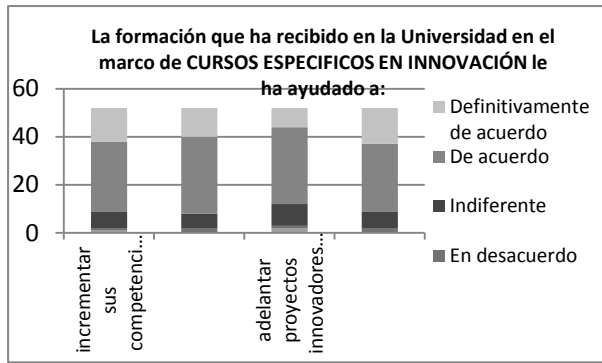


Fig 4. Ventajas de la formación en innovación

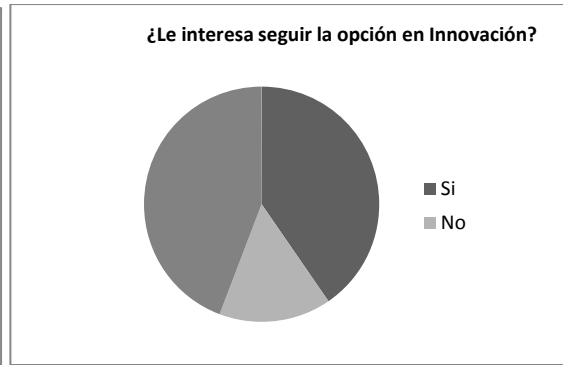


Fig. 5. Interés en la innovación

7. Conclusiones y trabajos futuros

El esfuerzo que se viene haciendo en formación para la innovación, abriendo espacios curriculares en la formación de ingeniería, en opciones abiertas a todas las disciplinas, fomentando actividades extracurriculares (concursos de innovación y emprendimiento), ha recibido una muy buena aceptación por parte de los estudiantes en los últimos cinco años.

La participación en ejercicios basados en proyectos con participación y visibilidad externa, y la exposición de los estudiantes a un ambiente cada vez más abierto en el que con base en experiencias cercanas a los estudiantes se muestra que las oportunidades de innovación y emprendimiento se construyen de manera colaborativa, muestran un cambio en la actitud de los estudiantes frente a los retos del emprendimiento basado en innovación tecnológica.

La iniciativa de Innovación y emprendimiento, en la dimensión de la formación para la innovación, se sigue consolidando en el pregrado y se propone en la escuela de posgrado como una dimensión transversal a los programas. Estas acciones (cursos de análisis, de proyectos y de integración de proyectos se realizan cada vez más con una activa participación de empresarios y empresas, de una parte, y de investigadores y grupos de investigación por otra.

El siguiente paso que se está dando es la construcción de un espacio abierto de emprendimiento en el que, articuladas con el campus y sus facilidades, se promueva en su entorno, la actividad de incubadoras y aceleradoras que apoyen el proceso de desarrollo de los cada vez más competitivos innovaciones que dan fuerza a nuevos emprendimientos en un eco-sistema en formación. También, y no es de menor importancia, se están generando nuevos espacios de encuentro (market-places) entre grupos de investigación, emprendedores, estudiantes, inversionistas, empresarios y empresas.

8. Referencias

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). (2004). Criteria for accrediting engineering programs. Recuperado en <http://www.abet.org>

- Celis, Jorge, Duque, Mauricio, & Ramírez, Catalina. (2012). Doctorados en ingeniería para promover la innovación: una propuesta para acrecentar la competitividad empresarial basada en la inserción de doctores en ingeniería en Colombia. Bogotá: ACOFI & UniAndes.
- Hernández, J. T., Ramírez, C., & Carvajal, A. (2010). Formación para la innovación con tics: Un proyecto conjunto Facultad de Ingeniería - Empresarios. Revista Educación en Ingeniería, 9, 12-20.
- Ramírez, C., Carvajal, A., Hernández, T. (2010). Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education: A Case of a Computing Engineering Course. International Journal of Engineering Education, Vol. 26, No. 6, pp1536 – 1549.
- Reporte Interno Colciencias. (2011). Avanza la locomotora de innovación: Colombia ganó ocho posiciones en innovación según el índice de competitividad del FEM. Un resumen de este se encuentra disponible en <http://186.116.13.37/index.php/component/content/article/5-noticias/2631-avanza-la-locomotora-de-innovacion-colombia-gano-ocho-posiciones-en-innovacion-segun-el-indice-de-competitividad-del-fem.html>

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
- **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. mariamaram@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.
- **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

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)