



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

CARRERAS DE INGENIERÍA DE CUATRO AÑOS, ¿SUFICIENTE PARA COLOMBIA?

Carlos F. Rodríguez, Mauricio Duque, José Tiberio Hernández, Álvaro Pinilla

Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia

Resumen

Las carreras de ingeniería en Colombia han sido tradicionalmente propuestas para una duración mínima de cinco años con duraciones efectivas de uno a dos semestres más. Las tendencias internacionales al respecto se pueden dividir en dos grandes grupos: por una parte en algunos países se considera que la formación de ingeniería es un proceso de unos 6 años, por otra parte la formación típica en los Estados Unidos (denominada bachelor) tiene una duración propuesta de 4 años. La obtención del título en este caso no representa una habilitación directa para ejercer la profesión, pues las sociedades profesionales ejercen una acción de certificación de ingenieros profesionales que se realiza posterior a la obtención del título.

Al inicio de la década del 2000, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes emprendió un gran proyecto de modernización de la formación en ingeniería. En este proyecto se incluyeron tres acciones: la construcción de un nuevo edificio para la Facultad (Edificio Mario Laserna), la actualización de la planta profesoral apoyando la formación de un número importante de profesores a nivel doctoral y la reforma curricular de sus programas.

Los procesos de reforma curricular concluyeron en el año 2005, proponiendo una duración de 137 créditos que se pueden cursar en cuatro años. En el proceso, cada programa realizó una revisión integral no solo como una colección de contenidos que deben ser expuestos a los estudiantes, sino como un conjunto de competencias que deben desarrollar los estudiantes.

En este artículo se presentan brevemente las iniciativas que conformaron el proyecto de modernización de la formación de ingeniería a inicios de la década del 2000, los principios que inspiraron la reforma curricular y la estructura curricular resultante. Dentro del análisis se incluye un conjunto de indicadores de los resultados de esta reforma.

Como conclusión se identifica un conjunto de retos que enfrentan hoy en día nuestros programas de ingeniería así como algunas recomendaciones para otras universidades que consideren adoptar modelos similares en el país.

Palabras clave: duración de programas de ingeniería; reforma curricular

Abstract

The engineering programs in Colombia have traditionally been proposals for a minimum period of five years effective durations of one to two semesters. International trends in this regard can be divided into two groups: on the one hand, in some countries it is considered that the formation of engineering is a process of about 6 years, moreover typical training in the United States (called bachelor) has a proposed duration of 4 years.

Obtaining a degree in this case does not represent a direct authorization to practice the profession, for professional societies exert an action certification of professional engineers who performed post-graduation.

At the beginning of the 2000s, the Faculty of Engineering of the University of the Andes embarked on a major modernization project of engineering education. The construction of a new building for the Faculty (Mario Laserna Building), updating professorial plant supporting the formation of a large number of professors at doctoral level and curricular reform programs: This project included three actions.

The processes of curriculum reform concluded in 2005, proposing a duration of 137 credits that can be taken in four years. In the process, each program conducted a comprehensive review not only as a collection of files that must be exposed to students, but as a set of skills that students must develop.

This article describes the initiatives that shaped the modernization project engineering training at the beginning of the 2000s, the principles underlying curriculum reform and the resulting curriculum structure are briefly presented. A set of indicators of the results of this reform is included in the analysis.

In conclusion a set of challenges that face today our engineering programs as well as some recommendations for other universities consider adopting similar models in the country is identified.

Keywords: duration of engineering programs; curriculum reform

1. Introducción

Las carreras de ingeniería en Colombia han sido tradicionalmente propuestas para una duración mínima de cinco años (10 semestres académicos). Esta es una duración nominal, pues la duración real se especifica en créditos académicos. Hoy en día las carreras de ingeniería exigen entonces una dedicación equivalente entre 137 y de 200 créditos académicos en algunos casos.

Las tendencias internacionales al respecto se pueden dividir en dos grandes grupos: por una parte un grupo de países consideran que la formación de ingeniería es un proceso de unos 6 años en los cuales los tres primeros corresponden a formación general en ciencias básicas y matemáticas y los otros tres a formación de tipo profesional. Esta formación suele estar respaldada por un trabajo intenso en laboratorios o prácticas industriales y tener poca electividad. Por su duración y énfasis, esta oferta es considerada como equivalente a la formación de maestría de otros países.

Por otra parte la formación típica en los Estados Unidos (denominada bachelor) tiene en general una duración propuesta de 4 años y está complementada por una oferta de maestrías de diversos tipos. La obtención del título en este caso no representa una habilitación directa para ejercer la profesión, pues las sociedades profesionales ejercen una acción de certificación de ingenieros profesionales basada en la evaluación de sus habilidades, la experiencia práctica profesional y la formación continua.

2. Proyecto de modernización de la formación en ingeniería

Al inicio de la década del 2000 la Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes, bajo la decanatura de José Tiberio Hernandez, emprendió un ambicioso plan de modernización de la formación en ingeniería. Este plan consideraba un impulso importante en tres aspectos centrales de la vida universitaria: la infraestructura, el capital humano y la formación de ingenieros.

El esfuerzo en infraestructura se tradujo en la construcción del nuevo edificio de ingeniería de la Universidad. Este edificio se diseñó en función de una concepción moderna de la formación en ingeniería, para apoyar el aprendizaje activo, orientado por proyectos y de visibilidad de la investigación. El proyecto buscó albergar los laboratorios y las oficinas de los profesores de la Facultad, además de la Biblioteca General, un Auditorio y algunos salones. El edificio se bautizó con el nombre del fundador de la Universidad, Mario Laserna, y entró en funcionamiento en 2007. La oportunidad de diseñar nuevos espacios de laboratorio para docencia e investigación y la concepción del edificio como un lugar donde se “ve la ingeniería en acción”, fueron elementos clave que enfocaron este esfuerzo hacia la formación de mejores ingenieros.

La segunda gran apuesta fue en la formación de profesores. La Facultad se había caracterizado por su interés en contratar profesores formados a nivel de doctorado, pero como parte de este proyecto se incluyó apoyo en la financiación de estos estudios para profesores jóvenes con formación de maestría. Este programa se articuló desde la vicerrectoría académica de la universidad y benefició a profesores en todas las áreas del saber. Gracias a este apoyo entre 2002 y 2010, en la facultad de ingeniería se subió desde 41 a 73 profesores con doctorado. Desde entonces el doctorado se convirtió en un requisito de contratación de profesores de planta de tal suerte que a finales de 2013, de un total de 130 profesores de planta en ingeniería, 90 poseen título de doctorado.

Por último, también articulado con la vicerrectoría académica, se emprendió la reforma curricular de los programas de ingeniería con la mira de lograr una formación efectiva apoyada en la nueva visión de la infraestructura, en la capacidad del equipo de profesores, y así reducir el tiempo de formación a cuatro años. La motivación de esta iniciativa reconoce la amplia diversidad de actividades de desempeño de los ingenieros y la necesidad de concentrarse en la formación fundamental (alrededor de 3 años), permitiendo al estudiante seleccionar diversas opciones para su ciclo terminal de acuerdo con sus intereses. En el siguiente apartado se describe con mayor detalle tanto la motivación como el resultado del proceso de reforma.

3. Currículo de cuatro años

En el año 2003, la Universidad de los Andes inició un proceso de reflexión sobre el currículo de sus programas de pregrado que derivó en la reforma curricular de la gran mayoría de sus programas de pregrado, para lograr una duración de cuatro años (ocho semestres académicos).

En el caso de ingeniería esta reflexión fue motivada por el reconocimiento de la amplia gama de oportunidades de ejercicio profesional y aporte a la sociedad. La dinámica laboral desde hace un tiempo viene dada por la necesidad de poner en práctica ciertas competencias que tiene un individuo dentro de las cuales el cuerpo de conocimiento tiene un papel limitado. Es así como los ingenieros no solamente diseñan obras, sistemas de producción, máquinas, sistemas de información y otros productos clásicos de la ingeniería, sino que están involucrados en la política, la economía y las finanzas asociadas con estos y otros productos.

Por otra parte, cada vez es más frecuente ver a los ingenieros que cambian de rol en el tiempo (de producción a finanzas, de empleado a empresario), cambian de sector (de productos a servicios, de público a privado), cambian de país. Esto refuerza la idea que el énfasis en la formación universitaria debe estar en una formación básica suficientemente amplia que los habilite para continuar aprendiendo en el futuro permitiéndoles asumir roles diversos, adaptarse a diversas culturas (organizaciones, países, etc.). En este sentido refuerza su protagonismo el ciclo de ciencias y matemáticas, no solo como una preparación previa para cursos especializados de ingeniería, sino como parte misma de la formación de los ingenieros. De esta forma se produjo uno de los rasgos diferenciadores de la estructura de los nuevos programas: se pasó de una versión secuencial (primero ciencias básicas y luego fundamentos de ingeniería) a una estructura más integral.

Esta estructura introduce dos aspectos importantes:

- La formación en ciencias y matemáticas es responsabilidad compartida por los cursos de fundamentos de ingeniería.
- Se abre la oportunidad de mayor profundización y electividad en ciencias y matemáticas.

La estructura general del currículo, con un total de 137 créditos, se ilustra a continuación.

Primer año: Preparación para aprendizaje	Ciencias y Matemáticas 32 créditos: 10 cursos (1 o 2 electivos)	Fundamentos de Ingeniería 51 créditos: 17 cursos (1 electivo)	Secuencia de Proyectos	Educación General
Segundo y Tercer año: Solución de problemas de ingeniería			9 créditos: Introducción	30 créditos: Español
Cuarto año: Cursos integradores de diseño	Cursos Profesionales 15 créditos: 5 cursos (1 o 2 electivos)		Proyecto intermedio	Constitución y democracia
			Proyecto de grado	6 cursos Ciclo básico uniandino (electivos)
				2 Cursos de libre elección (electivos)

Esta propuesta reconsidera el papel de las ciencias y matemáticas en ingeniería. Por una parte el estudio de estos cursos se realiza con mayor contexto pues el estudiante puede estar viendo la aplicación de manera inmediata o incluso previamente. Esto tiene un efecto benéfico en la motivación del estudiante. Además, se enfatiza el rol estructurador de pensamiento de la formación en ciencias y matemáticas, adicional al puramente utilitario que tiende a tener en la estructura tradicional.

Otro elemento fundamental que resulta de la consideración de la diversidad de posibilidades de desempeño del ingeniero es que su actuación profesional se enmarca siempre en el ámbito de proyectos. Para fomentar la formación de competencias en la realización de proyectos (muchas de las cuales son de carácter interpersonal y no técnico, como el trabajo en equipo, y la comunicación), se incluyó en la estructura curricular una secuencia formal de proyectos. Se compone por 3 cursos: el curso de introducción a la carrera, un curso de proyecto intermedio y el proyecto de grado.

En estos cursos el estudiante es expuesto a la elaboración de proyectos con diferente énfasis: en el curso de introducción trabaja en equipos enfatizando la identificación de problemas y su definición en términos de ingeniería. La propuesta de soluciones está sustentada en la intuición, y guiada por el enfoque de la ingeniería (Observar, Concebir, Diseñar, Implementar y Operar). Posteriormente en el proyecto intermedio, el estudiante tras haber superado cursos básicos de su disciplina, se enfrenta al contexto en el cual se practica la ingeniería. Se hace énfasis en la formulación del proyecto, las etapas de síntesis de soluciones, la identificación de roles dentro de un equipo de proyecto y la comunicación de resultados. Por último se tiene el proyecto de grado, en el cual el estudiante enfrenta un proyecto individualmente para producir y documentar una solución de ingeniería.

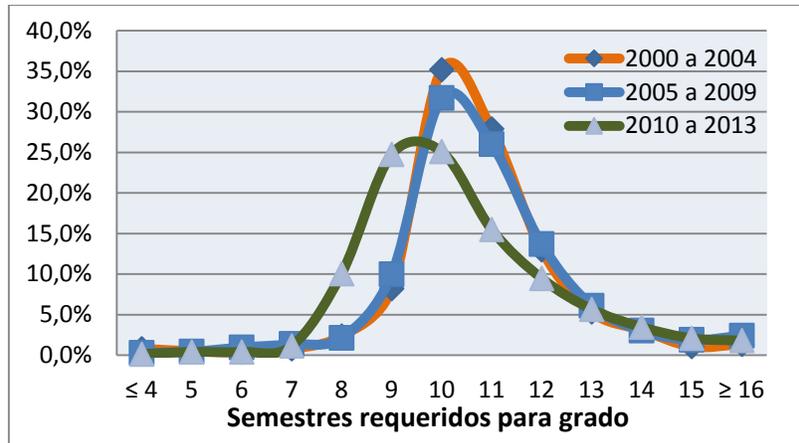
El último elemento que hace parte de la estructura es la educación general. Está compuesta por cursos que buscan ampliar el espectro de formación de los estudiantes con base en el análisis de problemáticas en compañía de estudiantes de cualquier otra carrera ofrecida por la universidad. Esta experiencia resulta fundamental en la formación de un criterio amplio que le permita reconocer la diversidad en la consideración de soluciones y lo haga tolerante con ideas que no necesariamente comparte.

En la estructura se señala el carácter que se imprime en cada año de las carreras a manera de objetivo general. En el primer año se dedica a preparar a los estudiantes para el aprendizaje. El énfasis es en la introducción a diferentes lenguajes (científico, de ingeniería, computacional, español, libros en inglés, etc.). Durante los dos años siguientes el foco está en la exposición al análisis, el modelado la síntesis de soluciones en el contexto de los fundamentos de ingeniería. En el último año el estudiante concluye su formación con un conjunto de cursos de diseño y algunos cursos electivos.

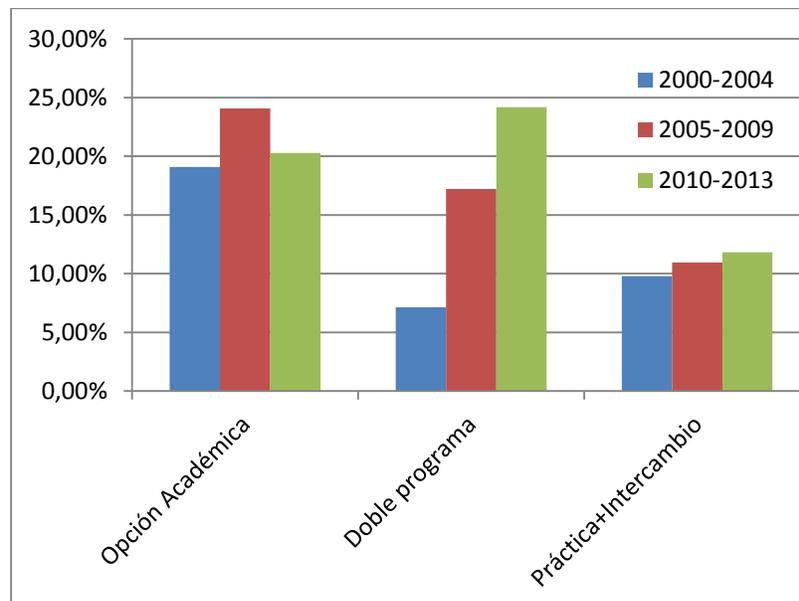
El estudiante formado con este currículo, no debe considerarse como un producto terminado listo para ser consumido por el aparato industrial sino más bien como un individuo con buenas bases para aprender diversos quehaceres de una profesión, bien sea a través de su experiencia laboral o ingresando en programas de posgrado que le permitan complementar, profundizar o integrar conocimientos o áreas de su interés.

4. Implantación del currículo

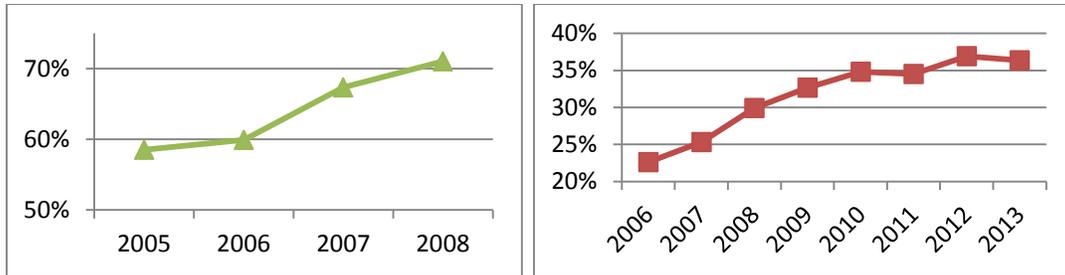
A partir del año 2006 se implantó la estructura curricular expuesta en el apartado anterior en las carreras de ingeniería ambiental, civil, eléctrica, electrónica, industrial, mecánica, química y sistemas y computación. Recientemente se aplicó a la naciente carrera de ingeniería biomédica. A continuación se ilustra la evolución de algunos indicadores asociados con la aplicación de estos nuevos currículos.



Como primera medida se observa la duración global de la carrera entendida como el número de semestres que emplea un estudiante hasta obtener el título. La figura ilustra el porcentaje de estudiantes que obtuvo su título de pregrado en ingeniería en un número de semestres. Se observa claramente la reducción en la duración de la carrera como efecto de la reforma curricular, incluso se puede observar su efecto gradual durante el periodo de transición (2005-2009).

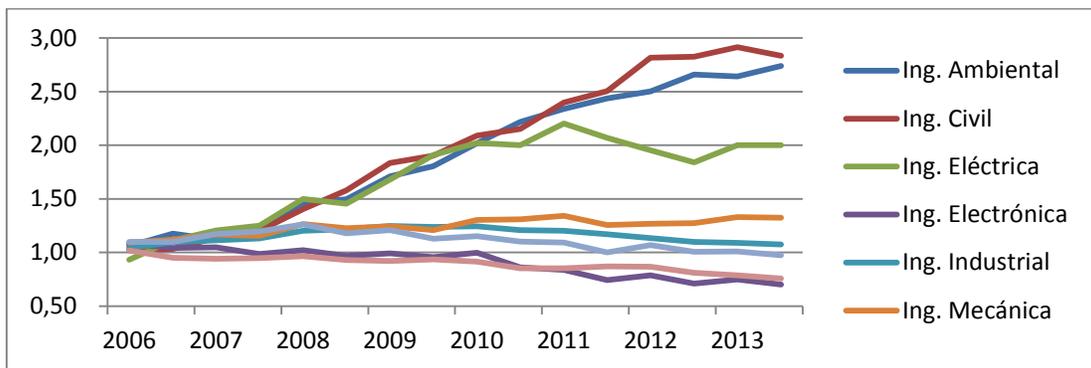


Uno de los resultados interesantes es que los estudiantes están aprovechando en mayor medida las diversas alternativas que ofrece la universidad. En la figura se ilustra la evolución en tres de estas alternativas. A la izquierda se indica el porcentaje de graduados con una opción académica (15 a 18 créditos asociados con una temática complementaria a su carrera). En el centro, se ilustra el porcentaje de estudiantes que está inscrito en doble programa (cursan dos programas de pregrado simultáneamente), mientras que a la derecha se indica el porcentaje de estudiantes de una cohorte que hace algún tipo de práctica o intercambio. Las tendencias positivas podrían explicarse por la percepción del estudiante que ya no tiene tanta prisa por finalizar sus estudios y explora con mayor frecuencia estas alternativas.

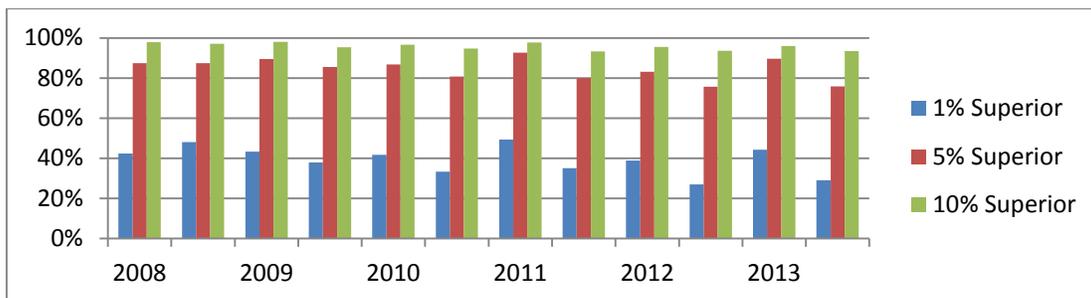


Otro aspecto que promueve la reforma es la generación en el estudiante de la necesidad de continuar su formación a través de estudios formales de posgrado (doctorado, maestría, especialización). Se incluyen dos aproximaciones a la medición de este aspecto. En la gráfica de la izquierda se presenta el porcentaje de egresados que ha estudiado un posgrado. Este dato se ha obtenido de encuestas realizadas a los egresados cinco años después de haber obtenido el título de pregrado. A la derecha se observa el porcentaje de estudiantes de las maestrías de ingeniería que han obtenido su título en la Universidad de los Andes. Se aprecia como este porcentaje se incrementa a partir de la introducción del nuevo currículo y se mantiene durante los últimos años

Un posible impacto de esta reforma está relacionado con el ingreso y retención de estudiantes. En la gráfica se ilustra la evolución del tamaño de los programas como proporción del tamaño que tenían al final del 2005.



A pesar de tendencias dispares entre los programas podría decirse que la demanda por ellos continúa siendo adecuada. Sin embargo podría pensarse que el tamaño de los programas se mantiene en detrimento de la calidad de los aspirantes que ingresan



Este no es el caso, como se puede apreciar en la gráfica siguiente donde se ilustra el puntaje obtenido en el examen Saber 11 por los estudiantes admitidos a ingeniería en los últimos años: prácticamente todos nuestros estudiantes han obtenido puntajes dentro del 10% superior de este examen. Además el desempeño en las pruebas de estado (ECAES – Saber Pro) de nuestros egresados ha sido siempre destacado como se resume en la siguiente tabla

Porcentaje de estudiantes dentro del 20% superior del país	2011-2	2012-1	2012-2
Ingeniería Ambiental	60%	42%	43%
Ingeniería Civil	35%	42%	50%
Ingeniería Eléctrica	42%	32%	47%
Ingeniería Electrónica	41%	36%	50%
Ingeniería Industrial	48%	32%	40%
Ingeniería Mecánica	35%	39%	45%
Ingeniería Química	35%	41%	38%
Ingeniería Sistemas	33%	35%	40%

Por último se incluye la información sobre acreditación tanto nacional como internacional de los programas de ingeniería. Todas ellas se han logrado con posterioridad a la implantación de la estructura curricular de 4 años.

Programa	Nacional (CNA)		Internacional (ABET)	
	Año	Vigencia	Año	Vigencia
Ingeniería Ambiental	2008	6	2010	6
Ingeniería Civil	2013	8	2010	6
Ingeniería de Sistemas y Computación	2009	8	2010	6
Ingeniería Eléctrica	2009	8	2010	6
Ingeniería Electrónica	2008	8	2010	6
Ingeniería Industrial	2011	8	2010	6
Ingeniería Mecánica	2009	8	2010	6
Ingeniería Química	2013	6	2010	6

5. Conclusión

En este trabajo se presentaron elementos contrales del ejercicio realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, al reducir la duración de sus carreras de pregrado a 4 años. Se presentó la estructura curricular resultante y algunos indicadores que permiten valorar la bondad de su aplicación. A pesar del número de datos cuantitativos presentados, aún son insuficientes para considerarse una medición del éxito de esta iniciativa.

Como recomendación se propone que otras universidades que pretendan ajustar la duración de las carreras tengan en cuenta los recursos que disponen, las condiciones de sus estudiantes y el modelo pedagógico que aplican para lograr las competencias en sus egresados. El objetivo último de estudiar ingeniería en una universidad es la formación de un conjunto de competencias que le permitan al egresado desempeñarse y formarse durante el resto de su vida. El tiempo requerido para lograrlo es una consecuencia y no una condición del proceso.

Bibliografía

- Hernández J., Caicedo B., Duque M., Gómez R. (2004) Engineering School renovation project: Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. ALEE Workshop. Nantes, Francia.
- Ramírez C., Carvajal J., Hernández J. (2011): Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education: A Case of a Computing Engineering Course. International Journal of Engineering Education. Vol. 26, Issue 6 (1536-1549) ISSN: 0949-149X.
- Ramírez C., Duque M., Hernández J., Celis J., (2013). "An Engineering Social Building to Promote Collaborative Learning Practices." International Journal of Engineering Education 29(3): 1-12.
- Toro J.R., (2005) "Reformas Curriculares y Desarrollo de Uniandes", Documento interno. Universidad de los Andes

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)