



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

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

ACREDITACIÓN INTERNACIONAL E INNOVACIÓN: ¿ALIADOS O ENEMIGOS?

Carlos F. Rodríguez, Alvaro Pinilla

Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia

Resumen

Los procesos de acreditación pasaron de ser una novedad hace algunos años a ser una necesidad para los programas de ingeniería hoy en día. El cumplimiento de los criterios de acreditación puede convertirse en un ejercicio similar a la aplicación de estándares. Cuando se enfrenta una acreditación internacional existe la tendencia de ajustar los programas para que se parezcan lo más posible a los programas acreditados del país al cual pertenece la agencia acreditadora.. Esta orientación parece conducir a una estandarización de la oferta de formación en ingeniería, dejando poco espacio para la formación en innovación.

En este artículo se presentan las oportunidades de formación para la innovación en un currículo de ingeniería mecánica acreditado internacionalmente por ABET. Se describe la estructura curricular del programa, enfocado en la generación de competencias de diseño y el trabajo en proyectos y en equipo como forma de actuación de los ingenieros. El programa de ingeniería mecánica descrito se presentó al proceso de acreditación de ABET en 2011 y obtuvo la acreditación por 6 años. En el artículo se destacan elementos que promueve ABET, que fomentan la formación de ingenieros innovadores.

Palabras Clave: acreditación de programas; innovación

Abstract

Accreditation has evolved from a novelty process to a necessity for engineering programs nowadays. Compliance of the accreditation criteria can be regarded to cope with a given standard. When a program seeks an international accreditation, it may follow the tendency to accommodate their curriculum in order to appear as similar as possible to accredited programs from the country where the accreditation agency is from. This orientation seems to produce a kind of standardization of engineering programs leaving no-room for training in innovation.

This article presents the opportunities for training in innovation, in a mechanical engineering curriculum recently accredited by ABET. It is described the syllabus structure, which is oriented towards the generation of skills in design and team-work through projects, as the primary professional role of an engineer. The presented mechanical engineering program, went to the ABET accreditation process and obtained the accreditation for 6 years. IN the article we highlight how the ABET accreditation process reinforces the opportunities for innovation training in engineering.

Keywords: *program accreditation; innovation*

1. Introducción

Los procesos de acreditación pasaron de ser una novedad hace algunos años a ser una necesidad para los programas de ingeniería hoy en día. En el caso Colombiano la acreditación de programas de ingeniería tiene una historia de más de 10 años en los cuales se han acreditado voluntariamente alrededor de 180 programas ante el Consejo Nacional de Acreditación (CNA). Adicionalmente ya hay ejemplos de programas de Ingeniería de algunas universidades, que han sido acreditados por agencias internacionales, en particular la agencia ABET de los Estados Unidos.

La adecuación de los programas para cumplir con los diversos criterios de acreditación puede convertirse en un ejercicio similar a la aplicación de estándares. Esto es especialmente posible cuando se enfrenta una acreditación internacional en la cual existe la tendencia clara de intentar ajustar los programas para que se parezcan lo más posible a los programas de las universidades del país al cual pertenece la agencia acreditadora. Esta orientación parecería conducir a una estandarización de la oferta de formación en ingeniería, dejando poco espacio para la formación en innovación.

En este artículo se presentan las oportunidades de formación para la innovación en un currículo de ingeniería mecánica acreditado internacionalmente por ABET. Inicialmente se ilustra la estructura curricular del programa, que fue definida años antes de considerar la acreditación y cuyo foco original estaba en la generación de ciertas competencias en los estudiantes de ingeniería mecánica. Dentro de ellas estaban habilidades de diseño como respuesta a necesidades de la sociedad y la conducción de proyectos como forma de actuación predilecta de los ingenieros.

Posteriormente se ilustran los elementos fundamentales del proceso de acreditación ante ABET y se identifican las oportunidades que ofrece y las exigencias que hace sobre el desarrollo de habilidades fundamentales para lograr ingenieros innovadores, capaces de identificar necesidades, generar soluciones y realizar diseños. Se destacará como este proceso particular de acreditación (ABET) realmente potencia las oportunidades de formación en innovación en ingeniería.

2. Programa de ingeniería mecánica de la Universidad de los Andes

Entre los años 2003 a 2005, el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, realizó un proceso de revisión curricular, cuyo resultado es el currículo que está vigente en la actualidad. Como punto de partida, se definió el objetivo educacional general así: “*Habilitar profesionales de la ingeniería mecánica capaces de impactar positivamente la industria nacional colombiana*”.

En un mundo globalizado esta definición parece bastante limitada, pero está inspirada en los siguientes hechos:

1. Tenemos evidencia del éxito profesional y académico de nuestros egresados: ocupan posiciones directivas y gerenciales en el sector industrial nacional o en empresas multinacionales, muchos de ellos continúan diversos programas de posgrado (MSc, MBA, PhD) en universidades prestigiosas en Colombia, Europa y Norteamérica, crean compañías exitosas en el mercado local, etc.
2. Por otra parte, el nivel de la ingeniería a nivel industrial colombiano es pobre: la industria local se enfoca en producción y manufactura con poca innovación, investigación o desarrollo de ingeniería, la tecnología que se usa es anticuada, pocas compañías producen tecnología, etc.

Resumiendo, la Universidad de los Andes produce ingenieros mecánicos exitosos, pero esto no implica que la ingeniería mecánica en Colombia sea exitosa.

Adicionalmente, el contexto local de la práctica de la ingeniería mecánica es adverso: hay poca disposición a tomar riesgos tecnológicos, hay poca cultura hacia la manufactura de precisión, existe la sensación cualquier cosa que se desee desarrollar ya está inventada en el exterior y es mejor comprarla, etc. Si un profesional de la ingeniería mecánica resulta capaz de generar un impacto positivo en este contexto, seguramente también podrá generarlo en contextos similares o más favorables en el exterior.

Con este objetivo en mente, se identificaron los siguientes elementos que deberían introducirse en nuestra forma de educación en ingeniería:

- Entorno de trabajo orientado a proyectos. Este es el tipo de trabajo distintivo del ingeniero: proponer, planear, ejecutar y mantener proyectos.
- Conocimiento en las temáticas centrales de la ingeniería mecánica. Las temáticas están bien establecidas como mecánica, termodinámica, materiales de ingeniería.
- Conocimiento de ciencias básicas y matemáticas. Habilidad para usar conceptos tradicionales y modernos que emergen de las ciencias básicas y las matemáticas.
- Actitud de trabajo: comportamiento ético, iniciativa, auto-confianza y auto-estima, comunicación efectiva, etc.

Cada uno de estos elementos tiene una importancia en el desempeño futuro del ingeniero, así que la estructura curricular debe proveer un escenario adecuado para el desarrollo de habilidades y capacidades en estos componentes. El currículo propuesto introduce estos elementos de forma simultánea, lo cual establece una primera gran diferencia con propuestas más tradicionales, en las cuales, el estudio de las ciencias y matemáticas precede al estudio de los cursos del núcleo de ingeniería y el trabajo experimental (no propiamente guiado por proyectos) es relegado al final. La figura 1, ilustra comparativamente nuestra propuesta

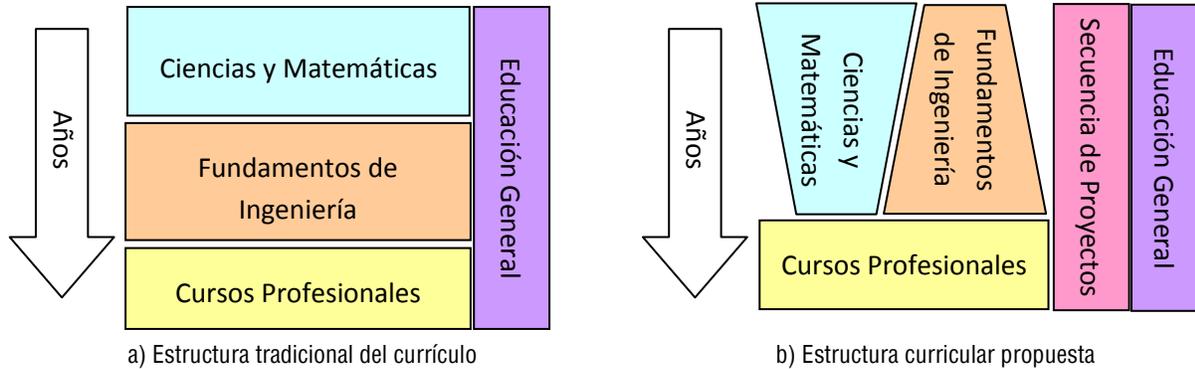


Figura 1. Comparación de posibles estructuras curriculares de ingeniería mecánica

La estructura curricular se representa por bloques de cursos. En el currículo tradicional (Figura 1 a) se consideran cuatro bloques, de los cuales tres generalmente se ubican en secuencia (Ciencias y Matemáticas, Fundamentos de Ingeniería y Cursos profesionales) mientras que el bloque de Educación General generalmente se ubica en paralelo (cursos de formación complementaria).

La estructura propuesta (Figura 1 b) tiene dos diferencias importantes: primero el bloque de cursos de Ciencias y Matemáticas no necesariamente precede al de los cursos de Fundamentos de Ingeniería y tiene una duración mayor (3 años). Segundo, hay una secuencia formal de trabajo en proyectos durante el programa.

Esta propuesta demanda una profunda revisión del rol que tienen los cursos de ciencias y matemáticas en la formación de ingenieros y como se diseña su simultaneidad con los cursos de fundamentos de ingeniería. La primera consecuencia es que los cursos de ciencias y matemáticas tendrán mayor contexto dado por los cursos de fundamentos de ingeniería. Esto resulta muy benéfico desde el punto de vista del estudiante. Más aún, los primeros cursos de ingeniería deben ser diseñados teniendo en cuenta que los estudiantes no tienen cursos universitarios previos de ciencias y matemáticas.

De aquí surge la necesidad de definir un objetivo general para cada año académico. El primer año se dedica a preparar a los estudiantes para el aprendizaje. El estudiante se expone a los diferentes lenguajes que requerirá el futuro ingeniero: gráfico, simbólico, computacional, idioma, experimental, matemático, textos en inglés, etc.

En el segundo año el estudiante se expone principalmente al análisis, modelado, diseño y solución de problemas en el contexto de los fundamentos de la ingeniería. Este trabajo se complementa durante el tercer año enfocándose en los cursos avanzados de fundamentos.

El objetivo del cuarto año es elegible entre especializar, integrar o complementar. Para ello se proponen tres cursos de cierre (uno por cada área temática de la ingeniería mecánica) y un conjunto de cursos electivos, que ofrecen la oportunidad al estudiante de escoger entre las siguientes opciones: adquirir una visión más profunda de tópicos específicos en ingeniería mecánica (estableciendo un puente hacia el programa de maestría), continuar su formación en aspectos técnicos de la ingeniería mecánica o complementarse con cursos en áreas tales como gestión, leyes, economía, etc.

3. Secuencia de trabajo en proyectos

Una de las novedades importantes del currículo propuesto es la inclusión de una secuencia formal de trabajo en proyectos. El primer curso de la secuencia es el de Introducción a la Ingeniería Mecánica. Este curso tiene como propósito introducir al estudiante a las diversas áreas de actuación de la ingeniería mecánica. Para este fin resulta particularmente adecuada la aproximación a través de la realización de proyectos, en los que se hace énfasis especial en la definición de las necesidades en términos de ingeniería (objetivos de diseño, requerimientos de la solución, restricciones del proceso). Los estudiantes trabajan en grupos resolviendo ejercicios abiertos tipo proyecto que usualmente culminan en la especificación de materiales, los procesos de manufactura y finalmente la construcción y prueba de prototipos para solucionar el problema dado.

La secuencia continúa con el curso Proyecto intermedio, el cual se dedica a aspectos más formales de la formulación, documentación y reporte de proyectos. Durante la mitad del curso se promueve la evolución de grupo a equipo de trabajo a través de algunas técnicas simples y de la asignación de roles en la ejecución de proyectos cortos. La segunda parte del semestre cada equipo se dedica al desarrollo de un proyecto más extenso bajo la asesoría de un profesor.

Al final de la secuencia se encuentra el curso de proyecto de grado. En este curso el estudiante trabaja de forma individual, bajo la asesoría de un profesor en la concepción de un sistema, proceso o aparato que cumpla con un conjunto de requerimientos. El proyecto se puede estructurar de una de las siguientes formas:

- Diseñar y construir un sistema, proceso o aparato incorporando múltiples restricciones realistas (finanzas, seguridad, leyes, etc.) y estándares adecuados de ingeniería.
- Diseñar un sistema, proceso o aparato e integrarlo en una simulación de ingeniería, considerando explícitamente factores externos, para demostrar por qué una solución dada es mejor que otra.
- Instrumentar y tomar mediciones de un sistema, proceso o aparato existente, conducir un estudio de diseño y recomendar modificaciones. Dependiendo del tiempo y los recursos disponibles puede incluir la simulación o la implantación y prueba de la solución propuesta.

4. Acreditación ABET del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) es una entidad no gubernamental, sin ánimo de lucro, dedicada a la acreditación de programas universitarios de ingeniería, ciencias aplicadas, computación y tecnología en ingeniería. La acreditación se hace directamente a programas y no a las instituciones que ofrecen estos programas.

La acreditación ABET es voluntaria y se fundamenta en la revisión por pares. Su propósito es asegurar que un programa ofrecido por una institución universitaria satisface los estándares establecidos por la profesión para la cual el programa prepara sus estudiantes. Los graduados de un programa acreditado tienen mejor acceso a oportunidades de empleo, registro y certificación profesional, educación de posgrado y movilidad global.

A la fecha, ABET ha acreditado cerca de 3100 programas en más de 670 instituciones universitarias en 24 países. Aproximadamente 85.000 estudiantes se gradúan cada año de programas acreditados por ABET. El

proceso de acreditación de programas fuera de los Estados Unidos, es idéntico al proceso de acreditación para programas dentro de los Estados Unidos. ABET ha acreditado 324 programas en 64 instituciones fuera de los Estados Unidos (23 países).

En Colombia hay actualmente 15 programas de ingeniería acreditados ofrecidos por la Universidad de los Andes (8), la Universidad del Norte (6) y la EAN (1). Esta acreditación no riñe con la acreditación nacional. De hecho ABET requiere que la organización nacional de aseguramiento de calidad (CNA en el caso de Colombia) de su aval para que ABET inicie el proceso de acreditación de los programas locales.

El proceso inicia con una autoevaluación que se plasma en un documento escrito que es remitido a ABET para ser presentado a los pares de acreditación. Posteriormente los pares realizan una visita de 3 días en los cuales verifican los recursos con que dispone el programa y las fuentes de información del autoestudio. Con base en el concepto emitido por los pares de acreditación, ABET toma la decisión de acreditación.

El programa de ingeniería mecánica de la Universidad de los Andes, ilustrado en los apartados anteriores, se presentó al proceso de acreditación de ABET en 2011 y obtuvo la acreditación por 6 años. En la declaración final de acreditación fueron destacados los siguientes aspectos:

- Los espacios y dotación de los laboratorios así como el apoyo de técnicos especializados.
- El alto nivel de compromiso de los estudiantes hacia su educación y su apreciación por el compromiso de los profesores para formarlos como ingenieros.
- La exitosa transición hacia la formación basada en trabajo en equipo.

Adicionalmente el autoestudio que se preparó para solicitar la acreditación, ha sido seleccionado como autoestudio de ejemplo para ser consultado por los asistentes al ABET Symposium en los años 2012 y 2013.

5. Conclusión: Criterios ABET y la formación en innovación

A primera vista el proceso de acreditación de ABET podría inducir las siguientes tendencias:

- Acomodar el programa para que se parezca lo más posible a un programa acreditado de los Estados Unidos.
- Restringir la formación solo a cuestiones estándar, sencillas de medir y evaluar de forma tradicional.

Estas tendencias dejarían poco espacio para formación en innovación, estableciendo una aparente disyuntiva: o se es innovador o se acredita internacionalmente.

Sin embargo, un análisis centrado especialmente en los resultados de formación propuestos por ABET permite identificar énfasis en aspectos centrales para un ingeniero innovador:

- La fortaleza de su conocimiento técnico.
- La habilidad de comunicación.
- El desempeño en equipos.
- La habilidad para identificar y resolver problemas.

- Su conocimiento de técnicas modernas.
- El énfasis en el diseño.

Uniendo estas características con el espacio de la secuencia de proyectos aparece una gran oportunidad para enfocar la formación de los ingenieros hacia la innovación. La formalización de esta secuencia genera oportunidades para introducir a los estudiantes en proyectos de innovación. Desde el ejercicio de Introducción a la ingeniería mecánica en el cual se explota fundamentalmente la motivación, la creatividad y el entusiasmo (pasión) de los recién ingresados, pasando por la aplicación en contexto de los conocimientos adquiridos en la primera mitad de la carrera, hasta el ejercicio de cierre de la carrera, son escenarios propicios para que los estudiantes exploren el desarrollo de proyectos de innovación.

Incluso sin contar con una secuencia formal de trabajo en proyectos la acreditación ABET pone especial énfasis en que los estudiantes realicen ejercicios de diseño, entendidos como ejercicios abiertos donde tengan que realizar procesos de toma de decisiones basándose no solo en criterios técnicos, sino también teniendo en cuenta las restricciones del contexto (sociales, económicas, legales, etc.). El proceso de diseño entendido de esta forma no solo permite, sino que promueve la formación en innovación, pues fomenta en los ingenieros, la habilidad de solución de problemas a partir de la comprensión de su medio, haciéndolos observadores, inquisitivos y efectivos en la solución de problemas de la sociedad.

La tendencia hacia la formación en innovación en Ingeniería Mecánica podría reforzarse, si ABET adopta las recomendaciones realizadas por el comité de educación de ASME, que recientemente ha incluido explícitamente la innovación como una de las características fundamentales para la formación de ingenieros en el futuro.

Referencias

- Aberle, K., Paris, D. & Peterson, G. (1997). Quality Assurance in International Engineering Education: A Summary of ABET Activities, Globalization of the Professions and the Quality Imperative, Magna Publications, Inc., Madison, WI, USA.
- ABET, Inc. (2013) Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2013 – 2014. Accessed May 8, 2013, <http://www.abet.org/engineering-criteria-2013-2014/>
- ASME International – Council of Education (2004). A Vision of the Future of Mechanical Engineering Education. Proceedings of IMECE 2004, Anaheim, CA, USA.
- ASME International – Board on Education (2012). Vision 2030 Creating the Future of Mechanical Engineering Education An Action Agenda for Educators, Industry, and Government.
- Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes (2011). ABET Self-Study Report for the PROGRAM OF MECHANICAL ENGINEERING (Programa de Ingeniería Mecánica) at UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (UDLA), Bogotá, Colombia.
- Rodriguez C.F., Pinilla A. (2006), Skill centered syllabus for undergraduate mechanical engineering education. Proceedings of IMECE 2006, Chicago, IL, USA.

Sobre los Autores

- **Carlos F. Rodríguez** (crodrigu@uniandes.edu.co), es ingeniero mecánico de la Universidad de los Andes y doctor en ingeniería de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes.
- **Alvaro Pinilla** (apinilla@uniandes.edu.co) es ingeniero mecánico y magister en ingeniería mecánica de la Universidad de los Andes. Obtuvo su PhD en la Universidad de Reading, U.K. Actualmente es profesor titular del Departamento de Ingeniería Mecánica de la 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 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)