



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

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

REDISEÑO DE UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA MECÁNICA

**Diego A. Flórez, Juan A. Ramírez Macías, Angélica M. Gil Pilonieta, Elkin A. Taborda, Carlos A. Uribe,
Santiago Betancur Mesa**

**Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia**

Resumen

En este artículo se discute el rediseño del curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), sede Medellín. Este curso se integra al plan de estudios de UPB en el año 2005 respondiendo a la necesidad de contextualizar al estudiante nuevo con el ejercicio de la profesión; además de ofrecer un espacio para presentar la Universidad, las diferentes dependencias, la estructura organizacional, el régimen discente, y otros temas de interés. Este curso era magistral, era impartido por un solo docente líder y dejaba espacio para que se aprovechara mejor su potencialidad. Luego, como resultado de estudios de autoevaluación, se hacen evidentes índices de deserción altos en los primeros semestres y tendencias descendentes en la cantidad de aspirantes, tanto en la especialidad Mecánica como en las demás ofrecidas por la Universidad a nivel de pregrado. Esta realidad induce la necesidad de replantear varios aspectos del currículo, entre ellos la forma en la que se lleva a cabo el curso introductorio, de modo que se oriente a fomentar en los estudiantes: la motivación, el ejercicio de la creatividad, el acercamiento a la manufactura, el trabajo en equipo, la ejecución de un proyecto de ingeniería a pequeña escala, la competencia, el conocimiento de la disciplina, y la comunicación oral, textual y gráfica. Para lograr esto se implementa una nueva versión del curso con características diferentes: el curso es responsabilidad de un grupo de docentes, se plantea el desarrollo de un prototipo en equipos durante el semestre, se incluyen actividades de manufactura en taller (laboratorio) y se hacen cuatro sesiones de charlas en las que se ilustra el ejercicio de la ingeniería desde diferentes áreas de la ingeniería mecánica: diseño y control, materiales y procesos de manufactura, energía y termodinámica, y gestión. Con base en esto, en este trabajo se exponen varios aspectos relacionados con el nuevo enfoque del curso, después de cuatro versiones posteriores al rediseño.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP); ingeniería mecánica; rediseño de curso

Abstract

This paper discusses the redesign of an Introduction to Mechanical Engineering course from Universidad Pontificia Bolivariana, Medellin. This course was introduced in the curriculum in 2005 as a response to the need of contextualizing new students to the exercise of the profession; and providing a space to present the University, the various departments, the organizational structure, the student regulations, and other topics of interest. This lecture course was taught by one teacher, leaving room to improvement. Then, as a result of self-evaluation studies, it became evident that high dropout-rates occur in the first semesters, and that there are in fact downward trends in the number of applicants; both in Mechanical Engineering and other engineering disciplines offered by the University at the undergraduate level. This fact induces the need to rethink the way we carry out the curriculum, including the way this introductory course was taught, so that is oriented to: encourage students' motivation, exercise creativity, make an approach to manufacturing, teamwork, the execution of a small-scale engineering project, to compete between fellows, know the discipline, and practice oral, textual, and graphical communication. To achieve this we implemented a new version of the course with some different characteristics: the course is the responsibility of a group of teachers, the development of a prototype in teams throughout the semester is included, manufacturing workshop activities (in the laboratory) are implemented, and four lecture-sessions are programmed in order to illustrate the practice of engineering from different areas. Based on this, in this paper we describe several aspects of the new approach of the course, after four versions after redesign.

Keywords: *course redesign; mechanical engineering; Problem Based Learning*

1. Introducción

Una realidad que afrontan hoy en día las facultades de ingeniería en el país y en el mundo es la reducción en la motivación de las nuevas generaciones para asumir un proceso de formación como ingeniero; a la juventud le gusta la tecnología, pero saben que pueden disfrutar de ella y tener provecho económico sin hacer el “sacrificio” de ser quienes la desarrollan (García, 2012). A este fenómeno se le suma que los niveles de deserción en programas de ingeniería son altos (Froyd y Ohland, 2005). La Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana no es ajena a esta realidad. De este modo, con el fin de valorar localmente las causas de estos fenómenos, se han levantado perfiles cognitivos de los estudiantes y se han detectado problemas de motivación, de manejo del tiempo y de metodologías de estudio. Adicional a esto, es sabido que (tradicionalmente) los primeros semestres del plan de estudios del programa tienen su mayoría de créditos en cursos de ciencias básicas (matemáticas, físicas y químicas); de modo que el contacto directo con temas específicos de la carrera se da de lleno alrededor del tercer año de estudio. Esto es inconveniente porque los estudiantes no hacen la conexión entre las matemáticas que aprenden en los primeros años y la aplicación que éstas puedan tener en el ejercicio de la ingeniería (Froyd y Ohland, 2005). Este conjunto de realidades motivan la revisión del currículo y la implementación de planes de mejora. Así, una de las acciones tomadas para atender esta dificultad consistió en reorientar el curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica de modo que se promueva la motivación de los estudiantes y, de forma agregada, se implementen nuevos elementos dentro del curso que mejoren su impacto. En la literatura se ha reportado que algunos de los elementos que contribuyen a mejorar la experiencia de aprendizaje y a mejorar los índices de deserción son: exponer a los estudiantes al ejercicio de la ingeniería desde el primer año, de modo que desde temprano conozcan las realidades asociadas a este ejercicio (Shetti y Sahay, 2003; Agustine, 2009; Crittenden et al., 2010, García, 2012); propiciar el trabajo en equipo y las conexiones sociales (Froyd y Ohland, 2005; Agustine, 2009); evidenciar la aplicación que tienen las ciencias básicas en

el ejercicio de la ingeniería (Froyd y Ohland, 2005); propiciar el trabajo colaborativo entre profesores (Froyd y Ohland, 2005); identificar retos tecnológicos y de diseño, recolectar información y comunicar las ideas (Goldberg, 2008); y mostrar que la naturaleza de los problemas de ingeniería es abierta (Kadlowec et al., 2007).

Teniendo en cuenta el contexto reportado en la literatura, sumado a la experiencia de los docentes que han participado en el rediseño del curso, se reformula el curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica de modo que incluya los siguientes aspectos: el desarrollo de un proyecto de ingeniería a pequeña escala desde el diseño hasta la construcción; la enseñanza de herramientas técnicas básicas para manufactura; y la programación de charlas que ilustren sobre la potencialidad del ejercicio de la ingeniería. En la ejecución del trabajo de diseño, además de la motivación, se busca que el estudiante use metodologías para la ejecución de proyectos, que trabaje en equipo, genere noción de grupo, sentido de pertenencia, y aprenda herramientas básicas de ingeniería. Para la ejecución de estas metodologías se incluyó un grupo de docentes que cubra las necesidades del curso y adicionalmente hagan labores de tutoría a los grupos de trabajo. De este modo es posible proponer retos de ingeniería ejecutables por los estudiantes que promuevan la creatividad, llevarlos en etapas lógicas y hacerles seguimiento; de modo que al final los prototipos creados por los estudiantes puedan concursar entre sí. Esto se ha realizado en cuatro versiones, entre las cuales se han hecho: aerogeneradores, carros propulsados por aire y agua, y vehículo acuático propulsado por hélice. Los resultados han sido positivos en cuanto a que los estudiantes han mostrado mayor motivación, han trabajado metódicamente y han mostrado resultados tangibles. Es positivo que esta experiencia se haya repetido en varias versiones, dado que el refinamiento de este tipo de proyectos y experiencias se da a través de iteraciones en el currículo (Crittenden et al., 2010); como no se trata de un curso convencional de ingeniería, es necesario acumular experiencia y realizar revisiones y ajustes a los procesos que allí se llevan a cabo.

2. Antecedentes

El curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica existe en el plan de estudios del Programa desde 2005 y su principal intención ha sido contextualizar al estudiante nuevo con el ejercicio de la profesión. Este curso se ofrece en el primer semestre con una intensidad horaria de dos horas por semana y un crédito académico. En sus inicios el curso tuvo una metodología magistral, en la que el docente encargado presentaba la ingeniería mecánica desde su experiencia. Asimismo se invitaban otros actores como docentes, egresados o empresarios para que dieran una charla o contaran una experiencia. También se aprovechaba el espacio para presentar la Universidad, las diferentes dependencias, la estructura organizacional, el régimen discente y otros temas de interés para un estudiante nuevo. En estas condiciones, a pesar de que se estaba cumpliendo con las intenciones de formación propuestas, el curso permitía la implementación de nuevas estrategias que mejoraran la forma en la que es orientado.

Tras realizar ejercicios de autoevaluación del Programa, se hicieron evidentes problemáticas relacionadas con índices de deserción altos, especialmente en los primeros semestres y comportamientos descendientes en inscripciones de estudiantes nuevos, no solo en ingeniería mecánica, sino en casi todos los programas de ingeniería ofrecidos en la Universidad. Esta situación llevó a modificar estratégicamente la metodología del curso.

La nueva metodología debía poner al estudiante como actor principal en la ejecución del curso, confrontándolo con un problema de ingeniería, y propiciando la sensibilización con el ejercicio profesional.

Aunque parece una tarea difícil, dado que son estudiantes de primer semestre, el potencial impacto sobre la motivación y la reafirmación de su aspiración vocacional, facilitó asumir el riesgo. El curso se abordó bajo una metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP): al estudiante se le plantea un problema al inicio del semestre y él, en forma grupal, debe abordarlo y resolverlo. Como estrategia metodológica para el abordar el problema se usan herramientas sencillas de gestión de proyectos, que le dan orden y forma a la ejecución.

3. Descripción del curso

El curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana actualmente ha implementado varias estrategias, entre las cuales se resaltan las siguientes:

- Durante el curso se desarrolla un proyecto de ingeniería a pequeña escala, en el que se diseña y construye un dispositivo mecánico que realice una determinada función. Con esto, el estudiante se familiariza con algunos elementos de ejecución de proyectos y se fomenta el trabajo en equipo, el liderazgo y la creatividad.
- Los estudiantes reciben charlas en las que se presentan las diferentes áreas que componen en su plan de estudio, así se busca que el estudiante visualice su proceso de formación y se motive a avanzar en él.
- El estudiante manipula algunas herramientas técnicas, tanto de medición como de fabricación. De esta forma se familiariza con algunos procesos de manufactura y con el reto de materializar sus ideas.

El curso es dictado por un grupo de docentes de cada área, esto es: 1) diseño y control, 2) energía y termodinámica, 3) materiales y procesos de manufactura, y 4) gestión. De esta forma el estudiante cuenta con una presentación amplia de la ingeniería mecánica, percibe la interacción y relación entre dichas áreas y tiene un permanente apoyo y seguimiento para el desarrollo de su proyecto.

El desarrollo del curso se realiza en las siguientes etapas:

1. Ciclo de charlas de cada área medular (diseño y control, energía y termodinámica, materiales y procesos, y gestión).
2. Trabajo de taller (procesado de lámina delgada). Allí el estudiante tiene la posibilidad de manipular materiales y darles forma, esto dentro del laboratorio de máquinas y herramientas y de soldadura, bajo supervisión de un docente y aplicando reglas elementales de seguridad.
3. El proyecto, que se hace en forma grupal, los estudiantes diseñan y construyen un prototipo, al final se realiza un concurso, que no sólo premia los mejores trabajos, sino que permite la retroalimentación a través de la socialización de los resultados.

4. Trabajo de taller

En el trabajo de taller el objetivo principal es familiarizar al estudiante con procesos básicos de medición y manufactura. Los procesos de medición son importantes no solo para el desarrollo de este curso, sino también para un mejor desempeño de los estudiantes durante las prácticas de laboratorio asociadas a otros cursos. El contenido referente a medición está centrado en explicar el uso correcto de herramientas como el calibrador (tanto en milímetros como en pulgadas), goniómetro, cinta métrica y escuadras. Esto implica repasar conceptos propios sobre unidades de medición y sistemas de unidades. Se complementa también

obtener la mayor potencia (W), lo cual determinó el ganador del concurso. Todos fueron probados a la misma velocidad de flujo.

Segundo proyecto: vehículo propulsado por agua y aire comprimido

El segundo proyecto, que se llevó a cabo en dos diferentes versiones, consistió en un vehículo impulsado por aire comprimido, teniendo como principal objetivo recorrer la mayor distancia posible. La única limitación del vehículo consistió en tener una capacidad máxima de almacenamiento de aire/agua de 2.5 L y libertad para el diseño del chasis, ruedas, ángulo de ataque, etc. Cada prototipo es probado utilizando el mismo sistema de alimentación de aire comprimido (inflador de bicicleta) en tres diferentes ocasiones registrando la mayor de las distancias recorridas, determinando así el prototipo ganador.



Figura 2. Concurso final

Tercer proyecto: vehículo acuático propulsado por hélice

El tercer proyecto, que a la fecha de redacción de este artículo se encuentra en su primera versión, consiste en un vehículo acuático propulsado por aire, el cual utiliza como fuente de energía un motor eléctrico (igual para todos los grupos participantes). En este caso se busca un prototipo que tenga la mayor velocidad en línea recta posible, funcional y con buen concepto estructural. Adicionalmente, debe ser atractivo para considerarse como un juguete que podría ser comercializado. Para su diseño y construcción se presentan algunas limitantes, entre ellas: tamaño de propela no mayor a 15 cm de diámetro (número de aspas y acople de libre elección), materiales compatibles con el agua que generen buena flotabilidad y poca fricción, buena estética y terminación de manufactura, entre otros. Al finalizar el proyecto cada prototipo es probado en una piscina en tres diferentes ocasiones (posibilidad de realizar pequeños ajustes) registrando el tiempo de una distancia conocida, determinado como ganador el prototipo que genere la máxima velocidad promedio (menor tiempo).



Figura 3. Prototipo de vehículo acuático

6. Conclusiones

En este artículo se discutieron detalles alrededor del rediseño del curso de Introducción a la Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana. En este ejercicio se encontró que para lograr una experiencia satisfactoria y motivante en la ejecución de este curso introductorio el estudiante necesita tener contacto con un problema aplicado de ingeniería. Con este ejercicio se desarrollan fortalezas en la solución de problemas, la ejecución de proyectos, el manejo de herramientas básicas de manufactura, el trabajo de estudiantes y docentes, la generación de sentido de pertenencia, la formación de un léxico técnico, y la comunicación de información. Al finalizar con el objeto del curso, el estudiante estará más enterado con respecto al ejercicio de la profesión, y habrá explorado sus cualidades, aptitudes y dificultades; asimismo, habrá conocido aspectos del quehacer de las áreas medulares de la ingeniería mecánica, y se habrá enfrentado al reto de desarrollar un proyecto en el que aplique los conocimientos básicos de la carrera y trabaje en equipo de manera responsable y organizada.

La ejecución de un curso de esta naturaleza con varios docentes permite distribuir las tareas y responsabilidades del curso, hacer un seguimiento más personalizado a los proyectos de semestre, hacer un acompañamiento a la transición de los estudiantes del bachillerato a la universidad, y exponer el ejercicio de la ingeniería desde diferentes áreas y experiencias. Sin embargo, esto hace que el curso sea demandante en tiempo de los docentes y en consecuencia más costoso en recursos. Un curso de esta índole requiere pensar diferente el manejo administrativo.

Como resultado de este trabajo se planea replicar esta experiencia en semestres posteriores de la carrera. De modo que a las fortalezas generadas en el primer semestre se les dé continuidad: la cercanía con proyectos aplicados, el uso de metodologías ordenadas, la integración de conocimiento, el trabajo en equipo y, enfáticamente en últimos semestres, el trabajo entre diferentes disciplinas.

7. Referencias

- Agustine, N. R. (2009). Re-engineering engineering: 21st-century needs can't be met with just a four-year degree. ASEE PRISM Magazine. Consultado el 10 de mayo de 2013 en
- http://www.prism-magazine.org/feb09/last_word.cfm
- Crittenden, K., Hall, D., Brackin, P. (2010) Living with the Lab: Sustainable Lab Experiences for Freshman Engineering Students. Proceedings of the 2010 American Society of Engineering Education Annual Conference & Exposition.
- Froyd, J. E., Ohland, M. W. (2005). Integrated Engineering Curricula. Journal of Engineering Education, Vol 94, No. 1, pp. 147 – 164.
- García, F. (2012). Una mirada a la formación en ingeniería en el contexto internacional. ACOFI. Consultado el 10 de mayo de 2013 en
- http://www.acofi.edu.co/documentos/DOC_PE_Mirada_formacion_en_ingenieria.pdf
- Goldberg, D. E. (2008). What Engineers Don't Learn and Why They Don't Learn It: and How Philosophy Might Be Able to Help. [Preprint]. Consultado el 10 de mayo de 2013 en <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/4531>
- Kadlowec, J. et al. (2007). Design Integrated in the Mechanical Engineering Curriculum: Assessment of the Engineering Clinics. Journal of Mechanical Design, Vol 129, No. 7, pp. 682-691.

- Kilgore, D., Atman, C. J., Yasuhara, K., Barker, T. J., Morozov, A. (2007). Considering Context: A Study of First-Year Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, Vol 96, No. 4, pp. 321 – 334.
- Shetty, D., Sahay, C. (2003). Innovative Integrated Mechanical Engineering Curriculum. 2003 ASME curriculum innovation award honorable mention. Consultado el 10 de mayo de 2013 en <http://files.asme.org/asmeorg/Governance/Honors/1109.pdf>

Sobre los autores

- **Diego A. Flórez:** Ingeniero Mecánico, Magíster en Gestión Tecnológica. Profesor Titular Facultad de Ingeniería Mecánica, área de Diseño y Control. Investigador Grupo de Automática y Diseño A+D. Director Facultad de Ingeniería Mecánica. diego.florez@upb.edu.co
- **Juan A. Ramírez Macías:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Automática, Magíster en Ingeniería. Profesor Titular Facultad de Ingeniería Mecánica, área de Diseño y Control. Investigador Grupo de Automática y Diseño A+D. juan.ramirez@upb.edu.co
- **Angélica M. Gil Pilonieta:** Ingeniera Mecánica, candidata a Doctora en Ingeniería. Profesora Asistente Facultad de Ingeniería Mecánica, área de Materiales y Procesos. Investigadora Grupo de Investigación en Nuevos Materiales. angelica.pilonieta@upb.edu.co
- **Elkin A. Taborda:** Ingeniero Mecánico, Master of Science in Engineering. Profesor Asociado Facultad de Ingeniería Mecánica, área de Diseño y Control. Investigador Grupo de Automática y Diseño A+D. elkin.taborda@upb.edu.co
- **Carlos A. Uribe:** Ingeniero Mecánico, Magíster en Sistemas Energéticos. Profesor Titular Facultad de Ingeniería Mecánica, área de Energía y Termodinámica. Investigador Grupo de Investigación en Energía y Termodinámica. carlos.uribe@upb.edu.co
- **Santiago Betancur Mesa:** Ingeniero Mecánico, Master in Business Administration. Profesor Titular Facultad de Ingeniería Mecánica, área de Gestión. Investigador Grupo de Investigación en Energía y Termodinámica. santiago.betancur@upb.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)