



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

LAS METODOLOGÍAS DE LA ENSEÑANZA EN DISEÑO COMO MOTOR DE DESARROLLO

Nubia Edith Cárdenas Zabala, Carlos Andrés Pérez Tristancho

Escuela Colombiana de Ingeniería
Bogotá, Colombia

Resumen

El desarrollo de capacidades que permitan un ejercicio profesional exitoso, es un proceso continuo que se inicia a partir de los primeros semestres de formación y se reorienta a medida que se avanza en los semestres académicos. Se proponen tres etapas: Los primeros semestres deben crear la inquietud sobre las tendencias del ejercicio profesional, en los semestres intermedios se conoce la tecnología actual, al finalizar su formación el estudiante debe tener una visión global que le permita plantear nuevos emprendimientos.

Palabras clave: formación; metodologías; aprendizaje

Abstract

The student outcomes development is a continuous process, that begin in the first term, the student learn about the future of mechanical engineering, to continue with his learning about technology, and the last term the student has a global vision about his profession.

Keywords: *methods learning; professional training*

1. Introducción

En los documentos del plan nacional de desarrollo y los documentos emitidos por el consejo privado de competitividad: política de desarrollo productivo para Colombia (PDP) tiene como objetivo general sentar las bases para la visión 2032, la cual contempla que “Colombia se convierta en uno de los tres países más competitivos de América Latina, a través de una economía exportadora de bienes y servicios de alto valor agregado e innovación. A través de mayor sofisticación, diversificación y productividad se logra un desarrollo alto y sostenido”.

En el logro de esta visión, tiene gran influencia la formación del talento humano que liderará el desarrollo productivo en los próximos años. Por esta razón el presente artículo inicia con la identificación de aquellas capacidades que le permiten a los egresados responder de forma eficiente a los retos planteados para lograr mejorar la competitividad de las empresas Colombianas.

Para el desarrollo de estas capacidades, el artículo plantea tres etapas en el proceso formativo: la primera comprende los tres primeros semestres académicos, la segunda del cuarto al sexto semestre y la tercera del séptimo al noveno semestre.

En cada una de éstas etapas se plantean estrategias metodológicas que promueven el análisis crítico de información, con el objetivo de fortalecer la articulación del estudiante con su realidad, generando una visión para su futuro desempeño profesional; así mismo se plantean estrategias como el planteamiento, desarrollo, presentación y sustentación de proyectos e informes realizados en equipos colaborativos.

Algunas de las estrategias, que son comunes a las tres etapas planteadas, varían en su forma de aplicación de acuerdo con el semestre de implementación, con el fin de potenciar el desarrollo de las dimensiones social, espiritual, ética, afectiva, de liderazgo y cognitiva, necesarias para desarrollar un proceso de formación integral.

2. Capacidades necesarias para la transformación productiva de Colombia

La Política de Desarrollo Productivo para Colombia busca mejorar la productividad de empresas actuales y propiciar el surgimiento de nuevas empresas. Las estrategias que tienen relación directa con los procesos investigativos, docentes y de extensión que adelantan las instituciones educativas son (Consejo Privado de Competitividad, 2014). Para lo cual plantea diferentes estrategias:

- a. Ciencia tecnología e innovación CTel:
 - Uno de los ejes de esta estrategia es la producción de conocimiento (incluyendo la investigación básica) relevante para la sofisticación y diversificación de la economía colombiana.
 - Potenciar la innovación empresarial, incrementando el nivel de inversión de las empresas en materia de CTel.

- Fomentar esquemas de innovación abierta que permitan a las empresas incorporar conocimientos de fuentes externas, como clientes y academia.
- b.** Capital Humano: En Colombia, es insuficiente el capital humano requerido para lograr que los sectores transiten hacia sectores de mayor productividad. Por lo cual se tiene el reto de garantizar una formación pertinente, flexible y oportuna que logre atender las necesidades cambiantes del sector productivo. Los ejes de esta estrategia son:
- Mejorar la pertinencia del capital humano: esto se logra contando con suficiente personal con las competencias básicas y específicas, requeridas para garantizar su competitividad.
 - Cambios de mentalidad y cultura de innovación y emprendimiento: formar competencias en innovación, liderazgo, emprendimiento y creatividad como elemento fundamental para el desarrollo productivo.
 - Cambiar el imaginario que el colombiano debe formarse para trabajar y no para emprender sus propias iniciativas.
 - Cierre de brechas de capital humano para las iniciativas clúster y/o apuestas productivas del país. Implementar programas de formación dual que contempla parte de la formación en el aula y otra en la empresa.
- c.** Emprendimiento: el emprendimiento cobra especial importancia en la medida que son las empresas nuevas las que tienen un efecto más alto en creación de empleo y en el crecimiento económico.

Como lo establece la organización para la cooperación y el desarrollo económico, OECD, (OECD. Development Bank of Latin America. ECLRC.), el desarrollo de Latinoamérica depende de la capacidad de sus países para construir las habilidades correctas para innovar y aplicar esta innovación en el sistema productivo.

De la misma forma, el desarrollo de habilidades blandas es particularmente importante, ya que proporciona acceso al mercado laboral al final del período de formación y permiten a los trabajadores actuales adaptarse a un mercado laboral cambiante mediante la actualización de sus conocimientos, favoreciendo su movilidad (OECD. Development Bank of Latin America. ECLRC.). Sin embargo de acuerdo con la OECD, las empresas en Latinoamérica afirman que estas habilidades son escasas en la región. El National Research Council (Samavedham & Ragupathi, 2011) identificó habilidades fundamentales que se necesitan en el nuevo mundo globalizado:

- Creatividad e innovación: la capacidad de crear nuevas formas de pensamiento y ser capaz de encontrar solución a nuevos problemas, planteando nuevos productos y servicios.
- Pensamiento crítico y solución de problemas: uso del análisis para tomar decisiones apropiadas.
- Comunicación: la capacidad para comunicarse efectivamente en una amplia variedad de formas y contextos.
- Información: capacidad de acceder, evaluar, sintetizar y fraccionar información de diferentes fuentes.
- Uso de tecnología: capacidad para identificar y emplear con eficiencia, eficacia y ética herramientas tecnológicas.

- Habilidad para la vida: auto-dirigirse, aprender en forma autónoma, adaptarse al cambio, dirigir proyectos, tomar responsabilidad de su trabajo liderar a otros y producir resultados.
- Responsabilidad social y personal: competencias culturales en trabajo con otros, reconociendo y respetando las diferencias culturales.

3. Metodología para los primeros semestres de formación en ingeniería

La capacidad para innovar se debe fortalecer en los procesos formativos desarrollados desde los primeros semestres, pero esta capacidad carece de valor si no se orienta hacia el fortalecimiento del crecimiento económico nacional. Por esta razón es importante que los procesos de aprendizaje sean contextualizados con la realidad del entorno en el cual se desarrolla el ejercicio profesional de la ingeniería.

Para lograr que Colombia se convierta en un país con mayor competitividad, como lo plantea el consejo privado de competitividad en la política de desarrollo productivo para Colombia, es necesario propiciar el surgimiento de nuevas empresas, generar una cultura de innovación y emprendimiento y formar colombianos que emprendan sus propias iniciativas. Pero estas condiciones se lograrán únicamente generando un ambiente adecuado que forme líderes que puedan ver el futuro como una posibilidad, que abandonen la falsa premisa de que ya todo está hecho, que sean conscientes de la gran incidencia que tiene su actuar como ciudadanos y profesionales en la transformación del país y que asuman el compromiso por liderar la innovación y el emprendimiento.

En este escenario los procesos formativos en áreas como ingeniería, cobran una gran importancia, ya que desde los primeros semestres se debe motivar al estudiante para el desarrollo de sus estudios, promover su capacidad de análisis crítico sobre el contexto productivo y orientarlo para que identifique las oportunidades de desempeño profesional en su país y región.

Para lo cual en los cursos iniciales se deben emplear estrategias que promuevan en el estudiante el análisis crítico de los planes de desarrollo nacional y regional, las apuestas productivas del país, los informes de competitividad, los estudios sobre tendencias del ejercicio profesional, entre otros, de forma que él a partir de la interpretación de la información, pueda identificar y explicar los posibles contextos de desempeño profesional de cada una de las áreas que forman el programa de ingeniería que está cursando. Esto le permite al estudiante construir una visión propia sobre su futuro y establecer de acuerdo con sus propios intereses, diferentes opciones que tiene en el ejercicio de su profesión.

Al finalizar éstos cursos, el estudiante en forma autónoma y personal, debe poder dar respuesta a la pregunta: ¿Qué puedo hacer con lo que voy a aprender?

Esta contextualización, permite por un lado afianzar o cambiar la elección de su carrera profesional y por otro lado le permite identificar las demandas de habilidades presentes y futuras en el mercado laboral, y a partir de esto, reconocer nuevas oportunidades para ejercer su profesión, mediante la generación de ideas que en el futuro se pueden convertir en nuevos emprendimientos.

Durante los primeros semestres es importante desarrollar visitas a empresas de diversos sectores productivos, con el fin que el estudiante conozca de cerca diferentes procesos. Para cada una de estas visitas desarrolladas, en equipos de trabajo, los estudiantes deben presentar un informe en forma escrita y oral, en el cual explique de acuerdo con su comprensión, el objetivo de la empresa, el diagrama de procesos, los ámbitos de ingeniería presentes y las oportunidades de mejora.

Además, es posible proponer que los estudiantes en estos equipos colaborativos, planteen un proyecto de diseño que resuelva una necesidad identificada a partir del análisis realizado sobre el contexto profesional y / o las visitas realizadas. El desarrollo del proyecto en este contexto tendría las siguientes etapas:

- *Análisis del entorno:* identificación de tendencias, necesidades y oportunidades de mejora.
- *Identificación del problema a resolver:* encontrar un aspecto a ser mejorado, planteando la situación a mejorar, mencionando posibles causas, y describiendo la situación actual de forma detallada.
- *Formulación del problema:* simplificar y fraccionar el problema en pequeñas partes de acuerdo a su tópico, cuya resolución individual aporte al planteamiento de la solución general.
- *Estado del arte:* estudio de propuestas de equipos o mecanismos que se empleen en la actualidad para cumplir la función que permitirá dar solución al problema.
- *Alternativas de solución:* los estudiantes deberán plantear propuesta que permitan solucionar el problema formulado.
- *Desarrollo en un sistema CAD:* para la evaluación de una propuesta de solución cada alternativa debe ser modelada, de manera que el modelo sea el criterio de selección.
- *Entrega final y sustentación:* para la entrega final se debe presentar un informe escrito y una presentación oral, que describa cada una de las etapas del proceso de diseño desarrollado y justifique la selección de la solución.

Este proyecto de los primeros semestres, se orienta hacia el diseño conceptual, que no requiere un conocimiento técnico detallado propio de los cursos de semestres avanzados, promoviendo en el estudiante el desarrollo de habilidades como: pensamiento crítico, responsabilidad, trabajo en equipo, y una adecuada comunicación oral y escrita.

4. Metodología para los semestres intermedios de formación (4 - 9 semestre)

En esta etapa del proceso de formación, es importante orientar las prácticas hacia el desarrollo de proyectos interdisciplinarios – aprendizaje activo. Por lo cual en esta etapa, el proyecto desarrollado debe permitirle al estudiante aplicar los conceptos vistos en las áreas de diseño, en el análisis de equipos existentes. Por esta razón se propone la ingeniería inversa como metodología principal para el desarrollo de los cursos de semestres intermedios.

La ingeniería inversa como metodología de enseñanza tiene como objetivo que el estudiante perciba el funcionamiento de los equipos existentes, conozca los diferentes elementos, comprenda la tecnología y a partir de este acercamiento, pueda extrapolar y este en capacidad de adaptar el conocimiento adquirido en el uso de esta tecnología, dadas condiciones específicas, facilitando la apropiación de conceptos al aplicarlos en una situación real.

Es importante que para esta metodología se tenga la disponibilidad de manipulación de la máquina a analizar escogida, tomando en cuenta todos los factores de seguridad necesarios y la compañía constante por parte del docente.

Se presentan las siguientes etapas para el adecuado desarrollo de la ingeniería inversa:

- *Análisis manual de funcionamiento:* a partir de este análisis se identifica el funcionamiento de la máquina, los mecanismos que la componen y la funcionalidad de la relación entre las conexiones de los elementos, mediante la observación del movimiento.
Al finalizar esta etapa, se presenta un trabajo escrito acompañado de una sustentación, donde se exponga las conclusiones y análisis de lo observado durante el desarrollo de esta primera actividad.
- *Asignación de un mecanismo de la máquina:* el docente asignara a cada grupo de trabajo un mecanismo específico, al cual los estudiantes deben realizar un modelo de caja negra, en donde establecen las entradas y salidas del mecanismo que están analizando, estableciendo cargas, movimientos y variables cinemáticas y cinéticas propias.
Identificación de eslabones y piezas, estableciendo relaciones de los pares cinemáticos, materiales y procesos de fabricación. Mediante un modelo CAD realizar el análisis metrológico, con el fin de establecer las dimensiones más reales y contextualizar el proyecto.
- *Análisis del mecanismo de acuerdo con los objetivo de aprendizaje:* por ejemplo, para un curso de dinámica se debe realizar el análisis dinámico y de resistencia de materiales del mecanismo. A partir de los resultados de las dos etapas anteriores, el estudiante debe crear la cadena cinemática del mecanismo, establecer como es la transmisión de movimiento en cada una de las etapas entre la entrada y la salida del mecanismo y como cambian las variables cinemáticas en la transmisión de movimiento.

- *Finalización del proyecto:* entregar un informe de ingeniería que contemple los hallazgos más relevantes y muestre gráficamente mediante el empleo de software de simulación el comportamiento dinámico del mecanismo analizado. Adicionalmente los equipos deben hacer un diagrama sobre el funcionamiento de su mecanismo, realizar el análisis dinámico y estructural y plantear sus conclusiones a partir de éste análisis.
Al finalizar, se puede llegar a realizar una realimentación por parte del docente, marcando pautas de mejoramiento hacia el trabajo del equipo desde todas las perspectivas previstas por este.

5. Metodología para los semestres finales de formación (7-8 semestre)

El proyecto desarrollado en estos semestres debe permitir “hacer propuestas novedosas, generar alternativas originales de solución a un problema, reinventar la realidad e innovar sistemas” (Torres), teniendo en cuenta variables como las personas, el ambiente, la sociedad y el contexto empresarial e industrial.

Las etapas del proyecto desarrollado en estos cursos en esencia es la misma, pero su alcance es mayor, se contemplan las competencias que el estudiante debe desarrollar a partir de cada una de las etapas realizadas:

- *Definición del problema:* el problema de diseño proviene del análisis crítico del contexto, el cual ha sido un proceso continuo que se inició desde los primeros semestres de formación, pasando por el conocimiento análisis de tecnología a partir de la ingeniería inversa, y que ahora culmina en el planteamiento del problema de diseño.
En los semestre finales, el problema de diseño debe provenir de una oportunidad que el estudiante detecto a través de sus experiencias de aprendizaje articuladas con su entorno. Potenciando su capacidad de conceptualización, análisis, síntesis y generalización así como su capacidad para Identificar necesidades y oportunidades de mejoramiento.
- *Especificaciones del problema:* para poder plantear soluciones es necesario comprender completamente el problema, por esta razón en esta etapa se plantea la realización de un análisis crítico, que permita relacionar la función, comportamiento y elementos de los sistemas desde la perspectiva social, ambiental, técnica y empresarial.
A partir de este análisis el estudiante debe estar en capacidad de plantear los objetivos, restricciones, requerimientos y funciones que debe cumplir el equipo o sistema a diseñar.
- *Gestión de proyecto:* una vez se han definido claramente el problema y sus especificaciones, se debe hacer la planificación del proyecto: tiempo, recursos, riesgos en el desarrollo de la gestión del proyecto, el estudiante debe potenciar la capacidad de para trabajar con los demás, bajo los principios de respeto y aceptación del otro.

- *Gestión de alternativas de diseño:* a partir de su conocimiento de la tecnología existente y aplicando un pensamiento creativo y crítico, el estudiante puede plantear alternativas de diseño que cumplan con las condiciones que identificó en las especificaciones del problema. El planteamiento de las alternativas de diseño, en este momento puede incluir soluciones creativas, innovadoras o también pueden ser el resultado de la adaptación de tecnología.
- *Selección de alternativas:* la selección de las alternativas depende de la Capacidad del estudiante para concluir y definir las implicaciones de las soluciones planteadas, basándose en hechos e información y su capacidad para evaluar y seleccionar alternativas de diseño de acuerdo con análisis económicos, de calidad, sostenibilidad, seguridad y rendimiento.
- *Diseño detallado de la solución:* el desarrollo de los cálculos de ingeniería, análisis de ciclo de vida y costo - beneficio de equipos o sistemas y proyectos.
- *Desarrollo de ingeniería de diseño:* (planos de fabricación; procesos de fabricación, análisis de costos), evaluación del impacto social, ambiental y económico de cada una de las soluciones que propone e implementa.
- *Desarrollo del prototipo final, pruebas y verificación:* verificación y validación de los resultados del diseño, con respecto al cumplimiento de los requisitos del sistema, las necesidades del cliente y los estándares.
- *Socialización del proyecto.*

El proyecto desarrollado en los últimos semestres, articula los conocimientos y competencias adquiridos por el estudiante en el transcurso de su proceso formativo, ya que reúne las inquietudes y experiencias generadas desde los primeros semestres, el análisis de tecnología de los semestres intermedios, para plantear un proyecto que permita adaptar o generar tecnología propia, fortaleciendo ideas de emprendimiento para la creación de empresa.

Para realizar un cambio que fortalezca el desarrollo productivo del país es fundamental concientizar a los estudiantes de su responsabilidad en esta labor. Si lo que se pretende es generar mentalidad empresarial, se deben proveer herramientas que les permitan a los estudiantes visualizar la aplicación de los conceptos aprendidos en empresas, respondiendo a necesidades específicas, pero esto lo debe hacer el estudiante en forma autónoma. En esa medida la responsabilidad de las Instituciones de Educación Superior (IES) es proporcionar los medios para que a partir de su propio análisis, experiencias e intereses plantee alternativas novedosas que promuevan el desarrollo productivo y le permitan cambiar la mentalidad de empleado a empresario.

6. Referencias

- Consejo Privado de Competitividad. (2014). Política de desarrollo productivo para Colombia. ISSN 2016-1430. Bogotá.
- Devon, R., & Jablokow, K. (2010). Teaching Front End Engineering Design (FEED). Penn State University.

- Dutson, A. J., Tood, R. H., Magleby, S. P., & Sorensen, C. D. (1997). A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-Oriented Capstone Courses. *Journal of Engineering Education*.
- McLaren, A. (2008). *Approaches to the Teaching of Design*. ISBN 978-1-904804-802.
- Mourtos, N. J. (s.f.). Defining, Teaching, and Assessing Engineering Design Skills. *International Journal for Quality Assurance in Engineering and Technology Education*.
- OECD. Development Bank of Latin America. ECLRC. (s.f.). *Education, skills and innovation for development*. ISBN 978-92-22242-7. Latin American Economic Outlook 2015.
- Samavedham, L., & Ragupathi, K. (2011). Facilitating 21st Century Skills in Engineering Students. *The Journal of Engineering Education*.
- Torres, A. R. (s.f.). La formación de líderes en la Universidad.
- Gerente Pyme. (Abril de 2015). A CERRAR BRECHAS LABORALES PARA LA COMPETITIVIDAD. *No. 57*.

Sobre los autores

- **Nubia Edith Cárdenas Zabala:** Ingeniero Mecánico (UNAL, Bogotá). Magíster en Sistemas Integrados (USTA, Bogotá). Especialista en Administración y Gerencia de Sistemas de Calidad. Profesor Asistente-Investigador, grupo de investigación DSIM, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Bogotá). nubia.cardenas@escuelaing.edu.co.
- **Carlos Andrés Pérez Trisancho:** Ingeniero Mecánico (UIS). Magíster en Gestión Industrial (Universidad de Ibagué). Profesor Asistente-Investigador, grupo de investigación DSIM, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Bogotá). carlos.perez@escuelaing.edu.co

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

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)