



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

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

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE CDIO EN PROGRAMAS DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

Gonzalo Ulloa, Álvaro Pachón, Hugo Arboleda

Universidad Icesi
Cali, Colombia

Resumen

El marco de trabajo para la renovación curricular de los programas de Ingeniería, llamado CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) tiene como objetivo mejorar la calidad de los programas, estableciendo estándares para una formación integral y definiendo un proceso de mejoramiento continuo de los currículos. Este marco fue desarrollado a comienzos del 2000 por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos y el Instituto Real de Tecnología de Suecia (KUT) y se basa en el ciclo de vida de los proyectos de Ingeniería. Adoptar CDIO implica una reforma integral a currículos de ingeniería, incluyendo cambios en las metodologías de enseñanza, la evaluación del proceso de aprendizaje, formación docente y la dotación de espacios de trabajo entre otros.

En este artículo se presenta la experiencia de la implementación de CDIO en dos programas del área de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC), Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Telemática. El proceso de implementación se desarrolló con la intención de mejorar la calidad en la formación de los ingenieros y como respuesta a los problemas comunes que se tienen en América Latina en estas áreas, particularmente en el caso colombiano. En este trabajo se presenta el proceso de la reforma y se analizan resultados preliminares de la implementación en especial los relacionados con la motivación de los estudiantes y con la reducción de la deserción.

Las reformas curriculares que se presentan en este artículo, se han centrado principalmente en la definición de las competencias de egreso de los estudiantes, y en la íntima relación de estas competencias con el currículo. Se destaca el trabajo realizado acerca del proceso de evaluación de desarrollo de dichas competencias a lo largo del programa de estudio, mediante un proceso de mejoramiento continuo que permite realizar un seguimiento tanto al desarrollo de las competencias como a las estrategias pedagógicas utilizadas.

Palabras clave: CDIO; aprendizaje activo; diseño curricular

Abstract

CDIO framework aims to improve the quality of programs that adopt it, setting standards for comprehensive training and defining a process of continuous improvement of curricula. Adopting CDIO implies a comprehensive reform to engineering curricula, including changes in teaching methodologies, evaluation of the learning process, and workspaces, among others.

This paper presents the experience of implementing CDIO in two programs in the area of information and communications technologies (ICT). The implementation process was developed with the intention of improving the quality of engineering education, and in response to common problems in Latin America in these areas, particularly in the case of Colombia. Preliminary results are discussed, these are related to student motivation and dropout reduction, focusing on the experience during the implementation of the recommendations of CDIO programs in Systems Engineering and Telematics Engineering.

Curricular reforms have focused mainly on the definition of graduation competencies of students, and the intimate relationship of these competences to the curriculum. It highlights the work done on the process of evaluation of skills development throughout the curriculum, through a process of continuous improvement that allows to track both the development of competencies as the instructional strategies used.

Keywords: *CDIO; active learning; curriculum design*

1. Introducción

El Valle del Cauca, la tercera región más importante del país bajo el punto de vista económico, es sede de empresas multinacionales, industria farmacéutica, destacadas empresas de software y servicios, e industria agrícola, principalmente con cultivos de caña de azúcar y biocombustibles. El 90% de la caña de azúcar de Colombia y el 100% del Bio-etanol consumido en Colombia es producido en esta región el Valle del Rio Cauca¹ (Asocaña, 2007).

En esta región de vocación agrícola e industrial, está localizada la Universidad Icesi, una pequeña Universidad privada sin ánimo de lucro fundada en 1979 por los principales líderes empresariales de la región del Valle del Cauca, en el sur Occidente de Colombia.

Los programas de Ingeniería de la Universidad tienen una duración de cinco años y han tenido excelentes resultados en las evaluaciones realizadas por pares externos. Todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería están sobre el 25% más alto en los exámenes de fin de carrera (Pruebas Saber Pro realizadas por el Ministerio de Educación) (Icfes, 2013), (Bogoya, 2012). Son destacables las buenas evaluaciones de la práctica profesional realizada por los empleadores que acogen a los aspirantes a grado de Ingenieros. Los tres programas de Ingeniería de la Facultad tienen acreditación nacional de alta calidad. Dos de ellos, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Telemática, han comenzado a implementar la reforma curricular siguiendo los estándares de CDIO, el tercer programa; Ingeniería Industrial, implementará la reforma en el curso del año 2013.

Desde hace más de 15 años la Universidad definió su modelo educativo alrededor del aprendizaje activo (Gonzalez, 2002), basándose en un proceso de entrenamiento para los profesores, de inducción para los

¹ En Colombia toda la gasolina automotriz usa entre el 7% y el 15% de Etanol.

nuevos estudiantes, y con una estructura física de cursos pequeñas donde se favorece la interacción entre el profesor y el alumno. Los salones de clase tienen una capacidad máxima de 35 estudiantes y el promedio de toda la universidad es 21.8 estudiantes por salón de clase (Icesi, 2011). Cuando los cursos requieren prácticas de laboratorio, estos están limitados a 24 estudiantes.

2. Motivaciones

La baja inscripción de estudiantes a los programas de ingeniería, los cuales involucran un riguroso componente de matemáticas y ciencias, es un mal que aqueja a muchos de los países del mundo occidental y es un fenómeno especial en América Latina. Varios libros han sido escritos al respecto, destacándose el del periodista Andrés Oppenheimer (2010), en el cual se presenta un amplio análisis de este fenómeno. La baja demanda por las carreras de ingeniería es causada por problemas culturales y por la insuficiente preparación de los estudiantes de la educación secundaria en áreas relacionadas con las ciencias básicas, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM - Science, Technology, Engineering and Mathematics) (Oppenheimer, 2010).

Los resultados de las pruebas PISA (Program for International Student Assessment) realizadas por la OCDE muestran que los resultados obtenidos en países latinoamericanos que presentan la prueba, se encuentran por debajo del promedio de los países de la OCDE. En el caso de Colombia, aunque ha mejorado en los últimos años, presenta los resultados más bajos de América Latina en las áreas de Matemáticas y Ciencias (OCDE, 2009). Esto conllevó a que el Gobierno Nacional recibiera recientemente la recomendación de aumentar en un año la escolaridad de los estudiantes de secundaria, de 6 a 7 años, para compensar de alguna forma los bajos resultados (El Tiempo, 2013). Esta recomendación fue realizada por una misión del Banco Mundial luego de llevar a cabo un estudio acerca de la educación en Colombia.

La insuficiente preparación en niveles de secundaria origina temor en egresados de secundaria que buscan definir su futuro profesional, y da lugar a bajas notas en estudiantes de ingeniería en las áreas de STEM. Este fenómeno converge hacia una idea generalizada de que los programas de ingeniería son difíciles, y el costo beneficio de cursarlos no representa un buen retorno de inversión, disminuyendo la demanda por estos programas entre la población.

Contrario a este déficit en el ingreso de nuevos estudiantes, los egresados de programas de ingeniería tienen una alta demanda. En particular, los egresados de la Universidad Icesi tienen los salarios más altos del sector, siendo la tasa de ocupación al primer año de graduados superior al 95% (Velasco, 2012). Llama la atención esta aparente contradicción entre una alta demanda de egresados y una baja demanda de programas de ingeniería, pero es la realidad en buena parte de América Latina (Oppenheimer, 2012).

Ante el problema del bajo rendimiento de los estudiantes en las áreas de STEM, existir la tendencia de bajar los estándares reduciendo el nivel de exigencia o reduciendo a un mínimo la formación en matemáticas y ciencias. En algunos casos hasta se publicita los programas de “Ingeniería SIN matemáticas!”. La Universidad Icesi ha optado por no reducir los estándares de exigencia en matemáticas y ciencias y proceder en un proceso de reforma curricular que motive a los estudiantes a las carreras de Ingeniería. Esta estrategia resalta la utilidad de las matemáticas y las ciencias en el futuro profesional, haciendo énfasis en la reforma del núcleo profesional de Ingeniería.

3. El marco de trabajo de CDIO

En el año 2004, el marco de trabajo de CDIO se definió como un conjunto de doce estándares que deben cumplir los programas para ajustarse a la iniciativa (CDIO, 2013). El primero de ellos tiene relación con la filosofía de CDIO, Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas, que debe estar presente en los programas de ingeniería que adopten el marco de trabajo. Los tres estándares siguientes se relacionan con aspectos curriculares; el segundo estándar se refiere a los objetivos terminales descritos en el Syllabus de CDIO (Crawley et al., 2012), el tercero se relaciona con un currículo integrado y con la necesidad de tener aportes de temas multidisciplinarios e integrar las competencias, el cuarto estándar se relaciona con un curso de introducción a la ingeniería que permita a un estudiante de primer año entender los procesos y problemas de su carrera. Los estándares 5 y 6 tienen que ver con experiencias de diseño en el currículo y espacios de trabajo. Los estándares 7 y 8 se relacionan con nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje; por un lado el aprendizaje integrado y por el otro el uso de aprendizaje activo en el salón de clase. Los estándares 9 y 10 se relacionan con el proceso de mejoramiento de los profesores, la madurez del cuerpo docente en las competencias de CDIO (estándar 9) y con las habilidades de enseñanza (estándar 10). Los estándares 11 y 12 hacen referencia al proceso de evaluación de las competencias (estándar 11) y del programa en su conjunto (estándar 12).

Para todos los estándares se establecen un conjunto de requisitos mínimos y se define una serie de evidencias que se deben verificar para asegurar su cumplimiento. Dado que los principios de CDIO se basan en el mejoramiento continuo, debe plantearse un modelo de madurez para auto examinarse, y establecer en qué punto y nivel de cumplimiento de los estándares se está, y a donde se desea llegar a mediano o largo plazo.

4. Proceso de diseño curricular

En la figura 1 se presenta el proceso seguido en el diseño curricular. Este proceso es adaptado de las recomendaciones de CDIO y en especial, de los talleres realizados para capacitar a los profesores de la Facultad de Ingeniería en la reforma siguiendo los lineamientos de CDIO (Brodeur, 2011). Todo comienza con los objetivos de CDIO resumidos en el llamado Syllabus de CDIO (Crawley et al. 2007), (Crawley et al., 2012) que define cuatro tipos de competencias: (1) las competencias y los perfiles relacionados con el conocimiento técnico de la disciplina, (2) las competencias personales y profesionales, (3) las competencias interpersonales y (4) las competencias relativas a Concebir, Diseñar, Implementar y Operar.

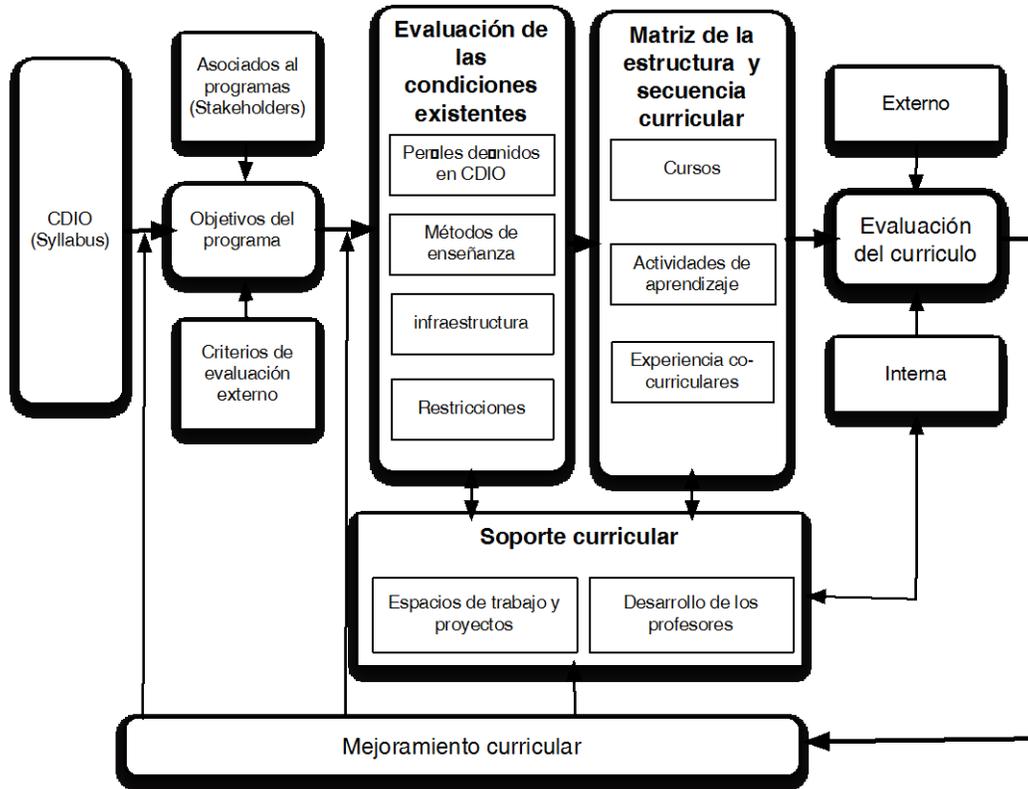


Figura 1. Proceso de Diseño Curricular

5. Casos de estudio

El proyecto educativo de la Universidad Icesi implica el uso del aprendizaje activo en todos los cursos, esto ha facilitado el camino para el implementar los estándares CDIO. El espacio de clase se convierte en un espacio de aprendizaje y discusión basada en problemas o casos donde los estudiantes resuelven problemas de ingeniería concibiendo, diseñando e implementando las soluciones propuestas. La reforma curricular se ha centrado principalmente en la definición de las competencias de egreso de los estudiantes y su íntima relación con el currículo, y lo más importante, en la evaluación de la adquisición de dichas competencias a través de la carrera. Este tema es completamente nuevo en Colombia, siendo la Universidad Icesi una de las primeras universidades en implementarlo. Otras experiencias valiosas en la implementación de CDIO en América Latina han sido descritas por la UCSC de Chile (Loyal et al. 2011).

Como parte de la reforma curricular, se definió en cada curso del ciclo profesional y de la formación básica de ingeniería, los objetivos de aprendizaje que corresponden a las competencias definidas en cada programa. El comité de currículo definió una serie de cursos que conforman los grupos de formación y que integran varios cursos implementando cursos de proyectos terminales (Capstone Courses) para dichos grupos de formación, ver figura 2. El desempeño de salida de los estudiantes es evaluado en un semestre obligatorio de práctica profesional, donde se miden las competencias del proyecto educativo y algunas competencias profesionales. Aunque no se cuenta con resultados completos de los estudiantes que han pasado en su formación por el nuevo currículo, es posible presentar resultados de un grupo de formación conformado por la secuencia de tres cursos de Algoritmos y Lenguajes. Estos cursos son matriculados por

los estudiantes de primeros semestres y eran considerados, conjuntamente con las matemáticas, como los más difíciles de la carrera. Tenían la tasa más grande de fracasos en las carreras de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Telemática. Con la implementación del nuevo currículo se logró incrementar el nivel de exigencia, haciendo énfasis en la solución de problemas. Anteriormente se hacía mucho énfasis en la semántica y en la sintaxis de los lenguajes de programación. Ahora se enfatiza en la solución de problemas usando el pensamiento algorítmico (Cupi2, 2012), (Wing, 2006). Con este nuevo método esta secuencia de cursos se ha comenzado a transformar. El promedio de notas se ha incrementado en el 5% (0,25 puntos en una escala de 5). El porcentaje de reprobaciones ha caído en un 5%, el porcentaje de cancelaciones del curso ha caído en 3%, lo mismo que la Desviación Estándar de las evaluaciones. La tasa de deserción de la carrera ha caído entre el 5% y el 7%. Estos resultados tempranos pero esperanzadores, nos mueven a continuar en la implementación de la reforma (Villota et al., 2013).

6. Innovación sobre la enseñanza – aprendizaje

Actualmente se desarrollan reformas curriculares en dos programas de Ingeniería: Ingeniería de sistemas e Ingeniería Telemática. La estructura básica de los programas se muestra en la figura 2, ambos programas están relacionados con las Tecnologías de Información. La estructura se conforma por un ciclo básico muy similar de cursos fundamentales de Matemáticas y Ciencias, y un bloque de materias administrativas, económicas, de artes liberales, de humanidades y de emprendimiento, que conforman el núcleo común de la universidad y fortalecen las competencias generales, la Universidad considera este núcleo con el emprendimiento, un factor diferenciador. Luego aparece un ciclo básico de Ingeniería que tiene algunas similitudes pero difiere en algunas materias de matemáticas y ciencias, dependiendo de la formación profesional de cada programa. Finalmente, el ciclo profesional, que por definición es diferente para las dos carreras. Ambas tienen dos áreas particulares de formación, en el caso de Ingeniería de Sistemas tiene las áreas de Sistemas de Información y de Ingeniería de Software. En la carrera de Ingeniería Telemática se tiene las áreas de Infraestructura y de Servicios. Las materias electivas son diferentes para cada carrera y para cada uno de los énfasis.

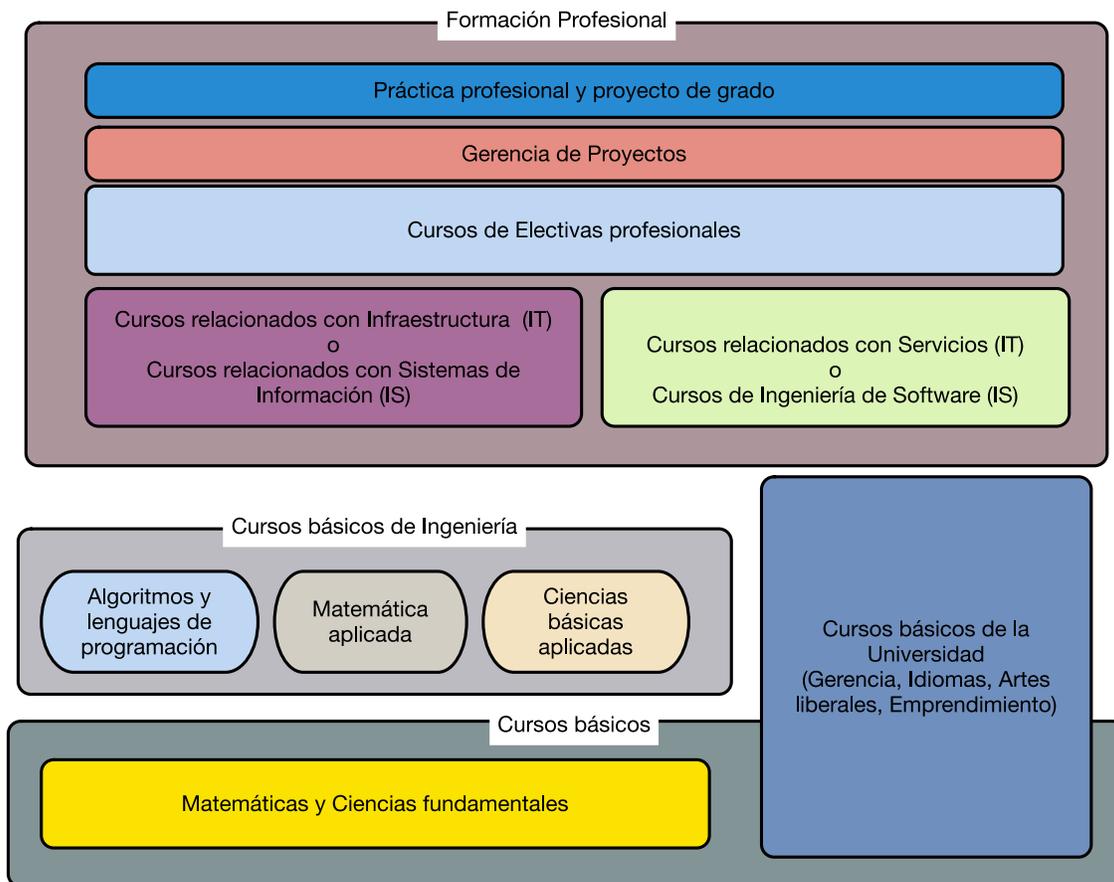


Figura 2. Estructura de programas académicos que desarrollan la reforma curricular

Aprendizaje activo

Las prácticas de aprendizaje activo no son prácticas comunes en las universidades Colombianas. El uso de estas prácticas implica un cambio en la mentalidad de los profesores que deben entender que su rol en la clase es diferente. La mayoría de los profesores universitarios no han recibido formación en docencia, tienen una carrera básica de ingeniería y unos estudios de postgrado, Maestría y Doctorado, enfocados a la investigación. Muy poca formación docente han tenido durante su carrera y tratan de reproducir la misma forma como sus profesores enseñaron.

El aprendizaje activo impone nuevos retos. El papel del profesor debe cambiar a ser un guía en el proceso de aprendizaje, no el que desarrolla los temas y entrega el conocimiento (Gonzalez, 2002). El salón de clase ya no es un sitio donde el profesor imparte conocimiento sino que el alumno aprende, discute y asimila las enseñanzas con la ayuda y la experiencia del profesor. Pasa de ser un sitio de instrucción a un sitio de aprendizaje (Gonzalez, 2002).

Esta nueva forma de aprender debe cambiar también la mentalidad de los estudiantes quienes no deben llegar al salón de clase a escuchar el discurso del profesor sino que llegan a resolver dudas, a intercambiar ideas, a discutir sus ideas y a elaborar nuevos desarrollos. Esta es la dinámica en la teoría. En la práctica estas costumbres ancestrales de la relación profesor-alumno son difíciles de cambiar. Los profesores,

algunos de ellos, siguen dando clases magistrales y los estudiantes queriendo recibir este tipo de clase, pues llevan años en el bachillerato recibiendo una instrucción vertical (Hall et al., 2002), (Ulloa et al., 2013).

Grupos pequeños

El aprendizaje activo implica una participación y una interacción intensa en clase. Para lograrlo es necesario contar con grupos pequeños. Como se dijo previamente en la Universidad Icesi los salones de clase fueron construidos con una capacidad máxima de 35 estudiantes y el promedio total de la universidad es de 21.8 estudiantes por grupo. No se considera la posibilidad de dictar ninguna asignatura en un gran auditorio. La asistencia a las clases es obligatoria y un estudiante reprueba una materia si falta a más del 20% de las clases. La razón detrás de esta medida es el principio del aprendizaje activo se basa en una fuerte interacción en el salón de clase, el aprendizaje en grupo, y la discusión en clase que no se pueden dar si el estudiante no asiste.

Cursos integrados con los laboratorios

En todos los cursos del currículo la práctica del laboratorio está integrada con la teoría, el curso es una unidad y la parte práctica es parte integral de esta unidad y de la evaluación. En muchos de estos cursos se proponen proyectos que integran los conocimientos y las competencias de ese curso y de otros cursos que han tomado previamente o simultáneamente por los estudiantes.

Proyectos terminales y cursos integradores

Introducción a la Ingeniería

En todos los programas se están implementado un curso de introducción a la Ingeniería que debe ser matriculado por todos los nuevos estudiantes. El objetivo es presentar al estudiante algunos aspectos de lo que será su carrera y mostrar que con imaginación y método se pueden resolver problemas. Se divide en fases un proyecto de ingeniería donde en una primera fase se concibe la solución, en otra se diseña y en la última se implementa. Es decir una parte de CDIO (Crawley et al. 2007). En las carreras del área de las tecnologías de información, se enfatiza en el pensamiento algorítmico.

Cursos integradores (Capstone courses)

Uno de los objetivos de la reforma curricular ha sido introducir en el currículo cursos integradores o “Capstone Courses” que integran las competencias en otros cursos. Se ha definido como mínimo un curso “capstone” por cada área profesional que tiene una secuencia de cursos. En Ingeniería de Sistemas y en Ingeniería Telemática dos cursos integradores y en Ingeniería Industrial dos o tres cursos integradores.

Proyecto de Grado

Al final de la carrera los estudiantes deben realizar un proyecto de grado que dura dos semestres y tiene seis (6) créditos. Este proyecto cumple también la función de curso integrador para muchos aspectos de la carrera, no solo para aspectos técnicos sino para aspectos como gestión de proyectos, trabajo en equipo, liderazgo, pensamiento crítico, habilidades de comunicación. El proyecto debe ser sustentado ante miembros de la facultad y muchas veces ante expertos externos.

Integración con las empresas

Se ha comenzado a integrar dentro de los cursos regulares proyectos con empresas de la región que pueden ser proyectos en los cursos Capstone o proyectos de grado. Una de estas empresas es Carvajal Tecnología y Servicios (<http://www.carvajaltecnologiasyservicios.com>), la empresa más grande de servicios tecnológicos en Colombia quien ha dotado un espacio dentro de la Universidad para realizar estos

proyectos. Esta iniciativa fue lanzada en enero del 2013 y los primeros proyectos se realizarán este semestre. Otras empresas en la región, están interesadas en participar en el modelo.

Práctica empresarial

Dentro del plan de formación, la Universidad también tiene un semestre obligatorio de práctica empresarial. Durante este semestre los estudiantes van de tiempo completo a la empresa a trabajar en proyectos y áreas específicas. Las empresas deben nombrar un tutor responsable y la Universidad pone un asesor que supervisa y orienta la actividad del estudiante en su primer trabajo profesional. Si el estudiante requiere de alguna consulta técnica puede venir a la Universidad a resolver sus dudas y recibir orientación. La práctica dura como mínimo cuatro meses y es evaluada tanto por la empresa como por el estudiante. Se evalúan sobre todo las competencias genéricas como pensamiento crítico, trabajo en equipo, liderazgo, solución de problemas y competencias técnicas globales. El objetivo es que en promedio el 90% de los estudiantes sean calificados entre Excelente (máxima escala) y muy bien (segunda posición). Los estudiantes de la Facultad en todas las carreras de Ingeniería superan esta meta el 95% son calificados en este rango (Velasco, 2012).

7. Evaluación de competencias y objetivos de aprendizaje.

En todos los cursos del área profesional se han definido objetivos de aprendizaje alineados con las competencias de egreso. Estas han seguido la versión 2 del Syllabus de CDIO (Crawley et al., 2012) y se está actualmente implementado en cada curso las rubricas para evaluar los objetivos de aprendizaje (Arboleda et al. 2013).

8. Evaluación de desempeño laboral

El desempeño laboral no es formalmente parte de la recomendación de CDIO, pero una parte de la evaluación del programa, estándar 12, la constituye el desempeño laboral. La evaluación del mercado laboral muestra en algunos aspectos la calidad de los profesionales que se forman. Los procesos de acreditación internacionales y nacionales de un programa académico requieren la evaluación del desempeño laboral.

La Universidad hace un seguimiento durante el primer año como parte del programa de formación para el trabajo y mantiene un contacto no sistemático con los egresados en los años posteriores. En este momento se tiene un programa para realizar este seguimiento, cuyo objetivo se tener cifras concretas de empleabilidad, progreso laboral a los 3 y a los 5 años de graduados. Pero aún este programa se seguimiento formal y continuo no es completamente operativo.

Con el seguimiento al primer año, se ve que la empleabilidad es superior al 95%, solo el 5% reportaron que habían abandonado el trabajo buscando mejores condiciones o por razones de estudio (Velasco, 2012). En Colombia debido al déficit de Ingenieros, los niveles de empleabilidad son muy altos para los egresados de universidades con buena reputación de formación como es el caso de la Universidad Icesi.

9. Conclusiones

En este artículo se presente la experiencia y resultados parciales en la implementación de una reforma curricular en dos programas de TIC siguiendo el marco de trabajo CDIO. Esta reforma ha sido posible gracias al compromiso de la Universidad Icesi y de todos los profesores de la facultad por la mejora continua en los procesos educativos. Se debe destacar que el modelo educativo de la Universidad Icesi, basado en aprendizaje activo, ha facilitado el proceso de implementación. El nuevo modelo curricular se basa no solo en el conocimiento técnico sino también en competencias profesionales demandadas en la industria.

Un esfuerzo considerable debe realizarse para identificar e incorporar en el salón de clase las prácticas pedagógicas que propicien el desarrollo de las competencias identificadas, este es un esfuerzo que debe considerar tanto a los profesores como a los estudiantes. Se estimulan a los miembros de la facultad para mejorar las competencias de aprendizaje activo y la de evaluación de objetivos de aprendizaje. Este es un proceso continuo de entrenamiento, revisión y mejora que debe ponerse en marcha para cosechar resultados.

Se está en el proceso de revisión curso por curso, estableciendo la forma como los objetivos de aprendizaje pueden ser alcanzados y valorados bajo este nuevo modelo utilizando un conjunto de actividades de aprendizaje que favorezcan su desarrollo y que permitan en la evaluación, evidenciar su logro. La evaluación de las competencias de salida y la revisión crítica de esta evaluación es lo que permitirá poner en marcha un proceso continuo de mejora curricular que debe ser el objetivo de todos.

10. Referencias

- Arboleda, H., Pachón A., Ulloa, G., (2013) “Discovering proficiency levels for CDIO Syllabus topics through Stakeholders differentiation” *Published in the proceeding of the to CDIO Conference 2013, Boston June 2013*
- Asocaña, (2007) “Producción de Etanol en Colombia”, consultado en el Ministerio de Agricultura de Colombia, http://www.minagricultura.gov.co/archivos/cartagena_-_sep_07asocana_v2.pdf
- Bogoya Daniel, (2012) “Elementos de Calidad de la Educación Superior en Colombia, Caso de Estudio Universidades”. Consultado en Octubre 2012 en: <http://daniel-bogoya.utadeo.edu.co>
- Brodeur D., (2012) CDIO slides “A curriculum Desing Model”, 2012
- CDIO “12 CDIO Standards”, Consultado en Mayo 6 del 2013 en: <http://www.cdio.org/implementing-cdio/standards/12-cdio-standards>
- Crawley, E, Malmqvist, J. Östlund, S. and Brodeur, D. (2007) “Rethinking Engineering Education, The CDIO Approach”, Ed. Springer 2007, ISBN 978-0-387-38287-6
- Crawley E., Malmqvist J, Lucas W. and Brodeur D, (2012) “The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education”, Consultado en Febrero del 2013 en: http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf
- Cupi2 Project, Universidad de los Andes, consultado en Agosto del 2012 en: <http://cupi2.uniandes.edu.co/site/index.php>
- El Tiempo, “Proponen crear grado 12 para subir nivel de bachilleres” Jan 26, 2013, Pag 1 y 2. Consultado en Enero 27, 2013. http://www.eltiempo.com/vida-de-hoy/educacion/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-12550501.html
- González, José Hipólito. (2002) “El proyecto educativo de la Universidad Icesi y el aprendizaje activo. Ed. Universidad Icesi, 2002. Digital Library : <http://hdl.handle.net/10906/939>

- Hall S., Waitz I., Brodeur D., Soderholm D. and Hasr R.. (2002) “ Adoption of Active learning in a Lecture-Based Engineering Class, *32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Nov 6-9, 2002.*
- ICFES – Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, (2013), Resultados Exámenes Saber-Pro 2012 por grupo de referencia. Consultado en Junio del 2013 en: <http://www.icfes.gov.co/resultados/saber-pro-resultados-individuales/resultados-ies>
- Loyer et all, (2011) “A CDIO Approach to curriculum Design in Five Engineering Programs at UCSC. *Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Copenhagen, June 20-23, 2011.*
- OCDE, PISA 2009 Results- Consultado en Marzo del 2013 en: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>
- Oppenheimer, Andrés, (2010) “!Basta de Historias!” , Ed. Vintage, 2010. ISBN: 978-0307743510.
- Oppenheimer, Andres, (2012) “Menos filósofos, más ingenieros” The Miami Herald – Columna bajo el título el Informe Oppneheimer publicada el 17 de Oct del 2012. Consultado en Marzo del 2012 en : <http://www.elnuevoherald.com/2012/11/17/1346560/menos-filosofos-mas-ingenieros.html>
- Ulloa, Gonzalo. (2012) “Hacia CDIO: De un currículo disciplinar a un currículo integrado”, Primera reunión LA de CDIO, San Andrés (COL), 2012.
- Ulloa G., Pachón A., Arboleda H., (2013). “Active Learning and CDIO implementation in Colombia” *Published in the proceeding of the to CDIO Conference 2013, Boston june 2013*
- *Universidad Icesi (2011)“ Boletín Estadístico” Consultado en Oct del 2012 en: http://www.icesi.edu.co/imgs/contenido/pdfs/boletin2011/boletin_estadistico_2011.pdf*
- Velasco, MI, (2012) “Informe semestral de promociones” Universidad Icesi, Programa de desarrollo profesional – Documento Interno.
- Villota A., Reyes J.M., Castañeda L., (2013) “Changes in Engineering Curricula: Algorithms and Progamming Courses”. A ser publicado en WEEF 2013
- Wing, J, (2006). “Computational Thinking”, *Communication of the ACM, Vo, 47, Nro 3, March 2006, pag 33-35.*

Sobre los autores

- **Gonzalo Ulloa**, Ingeniero Electricista de la Universidad del Valle, Doctor en Ciencias Técnicas de la Escuela Politécnica Federal de Lausanne (Suiza). Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Icesi. Correo electrónico: gulloa@icesi.edu.co
- **Álvaro Pachón**, Ingeniero de Sistemas de la Universidad Icesi, candidato a Doctorado de la Universidad de Vigo (España). Jefe de Departamento de TIC de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Icesi. Correo electrónico: alvaro@icesi.edu.co
- **Hugo Fernando Arboleda**, Ingeniero de sistemas de la Universidad del Valle, Doctor en Informática de la École des Mines de Nates y Doctor en Ingeniería de la Universidad de los Andes. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Icesi. Correo electrónico: hfarboleda@icesi.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)