



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness  
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# ALINEACIÓN DEL CURRÍCULO DE UN PROGRAMA DE INGENIERÍA CON LA INICIATIVA CDIO

Juan Manuel Madrid Molina, Álvaro Pachón de la Cruz

Universidad Icesi  
Cali, Colombia

## Resumen

La iniciativa CDIO busca lograr que un programa de Ingeniería desarrolle en el futuro egresado las habilidades que le permitirán solucionar con éxito problemas de ingeniería, mediante un enfoque orientado a proyectos y trabajo en equipo.

El presente artículo propone una metodología para alinear el currículo de un programa de ingeniería con la iniciativa CDIO. La metodología consta de cinco etapas: Conformación del equipo de proyecto, evaluación del estado actual del programa, un ejercicio de prospectiva en el que participan las partes interesadas en el programa, la elaboración de la propuesta de plan de estudios, y finalmente, la implementación y seguimiento de la reforma curricular a través de un proceso de mejoramiento continuo.

Como caso de estudio para la metodología, se presenta la alineación del programa de Ingeniería Telemática de la Universidad Icesi con la iniciativa CDIO.

**Palabras clave:** CDIO; diseño curricular por competencias; mejoramiento continuo

## Abstract

*Engineering programs compliant with the CDIO initiative aim to develop skills in their future graduates, so they will be able to solve complex engineering problems. This is accomplished by using a teamwork, project-based approach.*

*This article proposes a methodology for aligning an engineering program curriculum with the CDIO initiative. This methodology involves five stages: Conformation of the project team; assessment of the program's current status, a prospective exercise involving the participation of the program stakeholders, design of the curriculum, and lastly, deployment and management of the curriculum reform, through a continuous improvement process.*

*The CDIO alignment of the Telematics Engineering program at Universidad Icesi is presented as a case study for application of the methodology.*

**Keywords:** *CDIO; competency-oriented curriculum design; continuous improvement*

## 1. Introducción

Durante los últimos años, los procesos de revisión y actualización curricular de los planes de estudio en Ingeniería han venido evolucionando. Los currículos tradicionales, basados en contenidos, desarticulados y sin procesos de mejoramiento y revisión formalmente establecidos, han ido dando paso a procesos de revisión y mejoramiento curricular, que:

- Toman en cuenta las opiniones de las diferentes partes interesadas en el programa (academia, estudiantes, egresados e industria).
- No solamente se concentran en la formación profesional, sino que consideran de forma explícita el desarrollo y consolidación de competencias personales (llamadas competencias genéricas transversales) necesarias para la formación integral de los profesionales en Ingeniería
- En los microcurrículos de las diferentes asignaturas de los bloques de formación básica del programa incluyen compromisos explícitos con el desarrollo de alguna competencia que tienen la responsabilidad de desarrollar, utilizando para ello mecanismos objetivos para su evaluación.

La iniciativa CDIO (Crawley et al., 2007) identifica las diferentes perspectivas de la formación del Ingeniero: su dimensión disciplinar, su dimensión personal y profesional, sus habilidades interpersonales y su capacidad para concebir, diseñar, implementar y operar soluciones a los problemas de su entorno. Como marco de referencia, CDIO ha venido siendo utilizado para apoyar los procesos de rediseño curricular. Para lograr una implementación exitosa, es necesario además identificar el nivel de desarrollo de currículo, las realidades particulares del entorno, y los lineamientos impuestos por el proyecto educativo institucional. En este trabajo se presenta una propuesta de metodología para la revisión y actualización de un programa de Ingeniería, que tiene en cuenta lo anteriormente mencionado. Como ejemplo de aplicación de la metodología, se presenta la actualización curricular del programa de Ingeniería Telemática de la Universidad Icesi.

## 2. Descripción de la metodología

El proceso propuesto para obtener un diseño curricular alineado con la iniciativa CDIO consta de cinco etapas: 1) conformación del equipo del proyecto; 2) evaluación del estado actual del programa; 3) identificación de competencias con base en las opiniones de las partes interesadas y en las propuestas de los referentes de la profesión a través de un ejercicio de prospectiva; 4) elaboración de la propuesta de plan de estudios; y 5) seguimiento de la implantación del contenido curricular propuesto, a través de una estrategia de mejoramiento continuo.

En la etapa de conformación del equipo del proyecto es necesario considerar la participación de cada una de las partes interesadas involucradas en el diseño/rediseño del plan de estudios. Se debe conformar, si no existe, un comité de currículo que cumpla con la función de equipo de proyecto en la fase de planeación, y que se encargue del monitoreo y control durante la fase de despliegue y consolidación. Dicho comité

debería estar integrado por: el director del plan de estudios, que debe actuar como gerente del proyecto; el director académico de la institución de educación superior, que se encarga de garantizar el alineamiento y coherencia de las propuestas formuladas con el proyecto educativo institucional; el decano de la facultad de ingeniería; los jefes de los departamentos académicos asociados con los bloques de formación que constituyen el plan de estudios; un representante de los egresados; un representante de los estudiantes del programa y un representante de los empleadores.

La etapa de evaluación actual del programa debe identificar el grado de madurez de desarrollo curricular del programa revisado. Para hacerlo, es importante contar con los siguientes insumos: 1) el proyecto educativo del programa, en el cual se declaran los principios que gobiernan la formación de los estudiantes y lo que se espera obtener como resultado al final del proceso de formación; 2) la estructura curricular actual, que puede ser entendida como el nivel macro del currículo; 3) los contenidos de las materias que componen la estructura curricular actual, que puede ser entendidos como el nivel micro del currículo.

Una vez se disponga de estos insumos, se debe proceder a efectuar una revisión del proyecto educativo del programa, para identificar si en él han sido establecidas las competencias profesionales y genéricas transversales que se desea desarrollar en los estudiantes. Cuando no se encuentre evidencia de su establecimiento, el programa se encuentra en el nivel más bajo de su desarrollo curricular (Nivel 0) y será necesario reformular el proyecto educativo del programa para identificar las competencias, los niveles de desarrollo que se desea alcanzar en cada una de ellas, y los bloques de formación del programa.

Si las competencias están identificadas, se debe determinar si han sido establecidos los bloques básicos de formación para el programa y las asignaturas que los constituyen, y si están claramente establecidas las responsabilidades por el desarrollo de las competencias identificadas en cada una de las asignaturas. Cuando no haya evidencia de dicha asignación de responsabilidades, el programa se encuentra en el nivel 1 de su desarrollo curricular y será necesario definir un proceso que permita asignar responsabilidades por el desarrollo de las competencias a los bloques de formación y a las materias que los componen. Ello implica efectuar una revisión a nivel de micro currículo de las asignaturas, para integrar explícita y efectivamente el desarrollo de la competencia.

En el caso de que sí se hayan asignado las responsabilidades por el desarrollo de competencias a las asignaturas que componen los bloques de formación del programa, se debe verificar, si a nivel de micro currículo, existen acciones explícitas y concretas, en forma de estrategias pedagógicas, que permitan desarrollar la competencia. Si estas acciones no son explícitas en el micro currículo, el programa se encuentra en el nivel 2 de su desarrollo curricular y será necesario definir un conjunto de estrategias pedagógicas que, mediante su aplicación explícita en la asignatura, favorezcan el desarrollo de la competencia.

Una vez verificada la existencia de dichas estrategias pedagógicas, se debe proceder a evaluar la existencia de rúbricas, esto es, la existencia de procedimientos de valoración y la definición de métricas que permitan valorar el desarrollo de la competencia a través de la ejecución de las estrategias pedagógicas concebidas para hacerlo. Si no existen dichas rúbricas, entonces el programa se encuentra en el nivel 3 de su desarrollo curricular y será necesario definir las rúbricas.

Si las rúbricas están definidas y son aplicadas, se debe proceder a verificar la existencia de un sistema de gestión para la valoración y seguimiento de las competencias (sistema de mejoramiento continuo). Si no existe este sistema de gestión, entonces el programa se encuentre en el nivel 4 de su desarrollo curricular y

será necesario definirlo. Cuando este sistema existe, el programa de estudio se encuentra en el máximo nivel de su desarrollo curricular (nivel 5) porque cuenta con una estrategia claramente definida, repetible y medible que le permite monitorear y controlar el desarrollo de las competencias.

El ejercicio de prospectiva para la identificación de las competencias debe considerar tanto a los referentes de la disciplina, como a las diferentes partes interesadas. En el caso particular de la Ingeniería se cuenta con dos tipos de referentes: los referentes disciplinares, que formulan propuestas con respecto a las competencias, los campos de actuación del Ingeniero y los contenidos curriculares de los programas. Estos referentes pueden ser de carácter internacional (ACM, IEEE y particularmente CDIO), o de carácter nacional (como ACOFI); y los referentes regulatorios que establecen el marco legal de actuación y formación del ingeniero; en el caso particular de Colombia, el Ministerio de Educación Nacional y el ICFES, entre otros. Una vez se los ha identificado, deben estudiarse las diferentes propuestas que individualmente realizan, para realizar una integración, identificando aspectos que se complementen o que entren en contradicción, utilizando una estrategia que permita desarrollar un consenso entre los integrantes del equipo del proyecto. El resultado debe ser el conjunto de competencias que se desea desarrollar en el estudiante del programa. En este caso, el marco de referencia que sirvió de base para todo el trabajo fue la iniciativa CDIO. Su propuesta fue complementada incorporando los aportes de los referentes disciplinares y los regulatorios. El conjunto de competencias se debe someter entonces al análisis de las diferentes partes interesadas.

Las diferentes partes interesadas ofrecen perspectivas diferentes y necesarias del proceso de formación multidisciplinario al que deben estar expuestos los futuros ingenieros. Las partes interesadas pueden ser clasificadas como externas (los egresados del programa, la industria, que se constituye en su principal empleador) o internas (la comunidad de profesores del programa, los directivos académicos y los estudiantes del programa). Un factor clave de éxito en el proceso de identificación de las competencias dentro del proyecto de diseño/rediseño curricular es la correcta identificación y selección de las partes interesadas. Las partes interesadas deben ser involucradas desde las primeras etapas del proyecto, porque su presencia asegura una correcta identificación de los requerimientos, y porque proveen diferentes puntos de vista al proceso. Para asegurarse de que las partes interesadas brindan información fiable, es necesario contar con mecanismos que garanticen su participación efectiva. Se pueden emplear diversas estrategias para registrar de forma sistémica la información que identifica sus intereses (grupos focales, encuestas, entrevistas, etc.). Una vez se ha adelantado esta tarea, se asigna un peso o importancia relativa a la opinión de cada parte interesada, con el fin de generar un conjunto consolidado y clasificado de las competencias del programa. El comité del proyecto debe establecer un umbral para seleccionar las competencias que, en opinión de las partes interesadas, deban ser desarrolladas en el proceso de formación de los futuros ingenieros. La experiencia práctica sugiere la adopción de un número limitado de competencias para cada programa.

En la etapa de elaboración de la propuesta de contenido curricular se debe contar con los siguientes insumos: la identificación de los bloques de formación, que resulta de la primera etapa; las competencias del programa, que fueron definidas en la etapa anterior; y las restricciones para el diseño curricular, que incluyen la identificación del número máximo de créditos para el programa, las áreas de formación comunes con otros programas, o que respondan a intencionalidades concretas dentro del proyecto educativo institucional, y las áreas de formación impuestas por los referentes regulatorios. El trabajo desarrollado en esta etapa se encuentra delimitado por el marco de referencia propuesto por la iniciativa CDIO. Esta etapa se encuentra constituida por siete actividades:

- La calificación y ponderación de los ítems del syllabus de CDIO, que permite establecer la importancia que el programa desea dar a cada uno de dichos ítems.
- La asimilación de las competencias genéricas transversales y las profesionales a los ítems del syllabus de CDIO, que permite filtrar aún más los ítems en los que se desea que el programa haga énfasis.
- La definición de los ítems de CDIO 1 (conocimiento y razonamiento en la disciplina) que son específicos para el programa de ingeniería que se está diseñando
- La construcción de la matriz de cruce de ítems del syllabus de CDIO a nivel 2 contra bloques de formación, que permite establecer qué bloques de formación se harán responsables por el logro de las competencias establecidas en el syllabus de CDIO.
- La elaboración de la matriz de competencias contra los bloques de formación, esta matriz establece la responsabilidad de los bloques de formación en el desarrollo de las competencias y el nivel de desarrollo que se espera tener de cada una de ellas en el bloque de formación.
- La elaboración de una propuesta para el plan de estudios del programa en el cual se identifiquen las asignaturas y el nivel de desarrollo de la(s) competencia(s) que se espera desarrollar en ellas.
- El diseño micro curricular de las asignaturas, que implica desarrollar tres tareas: a) la declaración de la responsabilidad por el desarrollo de la(s) competencia(s) y el nivel de desarrollo con el cual se compromete la asignatura, b) la definición de las estrategias pedagógicas que involucran un conjunto de actividades teórico-prácticas definidas explícitamente para desarrollar la competencia hasta el nivel esperado, y c) la definición de la rúbrica que permite evaluar el desarrollo de la competencia utilizando las estrategias pedagógicas definidas en la asignatura

En la etapa de seguimiento de la implantación del plan de estudios propuesto, se utiliza una estrategia de mejoramiento continuo que, bajo la dirección de un líder responsable por el desarrollo de la competencia, permita procesar los resultados obtenidos al aplicar las rúbricas de evaluación de la competencia en las diferentes asignaturas responsables por su desarrollo y consolidación, y genere un valor numérico que se contrasta contra un valor mínimo de calidad definido por el comité curricular del programa. Dependiendo del nivel de cumplimiento, el comité de currículo define un plan de acción para garantizar que todos los estudiantes que tomaron la asignatura hayan desarrollado la competencia en el nivel mínimo definido.

### **3. Caso de estudio: Programa de Ingeniería Telemática de la Universidad Icesi**

A continuación se describe la aplicación de la metodología en el programa académico citado anteriormente.

*Etapa 1: Conformación del equipo de trabajo.* El equipo ejecutor del proyecto fue el Comité de Currículo del programa académico.

*Etapa 2: Evaluación del estado actual del programa.* Dado que el diseño anterior del currículo del programa de Ingeniería Telemática se había hecho mediante una metodología basada en contenidos, las competencias profesionales y genéricas transversales quedaron incluidas de manera implícita en el diseño. Por lo tanto, no se habían definido niveles de desarrollo esperados para las competencias, ni responsabilidades de desarrollo de las mismas en los diferentes bloques de formación del programa. Se concluyó entonces que el programa estaba en nivel 0 (el nivel más bajo de desarrollo curricular).

*Etapa 3: Identificación de competencias.* En esta etapa se identificaron los siguientes referentes: A nivel disciplinar, el Proyecto Educativo Institucional de la Universidad Icesi, el currículo de Information Technology (IT) de ACM/IEEE (ACM, 2008), el libro blanco de la Ingeniería Telemática de ANECA (ANECA,

2005), The Engineer of 2020 de la Universidad de Purdue (UPurdue, 2013), el Proyecto Tuning de la Unión Europea (Tuning, 2013) y la iniciativa CDIO; y a nivel regulatorio, la estructura de las pruebas AHELO / Saber Pro (OECD, 2013).

Tras el estudio de las diferentes propuestas, el Comité de Currículo del programa decidió tomar como base las competencias genéricas transversales comunes a las propuestas de Purdue, del proyecto Tuning, de AHELO / Saber Pro, de CDIO y del PEI de la Universidad, resultando en total 27 competencias. Para las competencias profesionales se tomaron como base las propuestas de IEEE/ACM y de ANECA, resultando en total 7 competencias.

Dichas competencias se presentaron a las diferentes partes interesadas para análisis, de la siguiente manera:

- En el Comité de Currículo y el Consejo de Facultad, se discutieron las propuestas y se llegó a un acuerdo mediante puntuación individual de las competencias y promedio de puntajes.
- Se encuestó a los egresados del programa, empleando un instrumento en línea. Se logró la participación de 50 egresados (aproximadamente la tercera parte de la población). En la encuesta se indagó sobre la importancia de las competencias profesionales y genéricas transversales, y el grado en que la Universidad había ayudado a desarrollarlas.
- Se encuestó a jefes de egresados, que hubieran tenido a su cargo a un egresado de Ingeniería Telemática en los últimos cinco años. Se logró la participación de 14 jefes. Esta encuesta fue una versión simplificada de la encuesta aplicada a los egresados.

En cuanto a la ponderación, se asignó la misma importancia a cada una de las partes interesadas. Tras consolidar resultados, se obtuvieron dos competencias profesionales y tres competencias genéricas transversales para el programa.

*Etapa 4: Elaboración de la propuesta del plan de estudios.* En esta etapa se comenzó por definir los bloques de formación del programa. Los bloques y la relación entre los mismos se ilustra en la Figura 1.

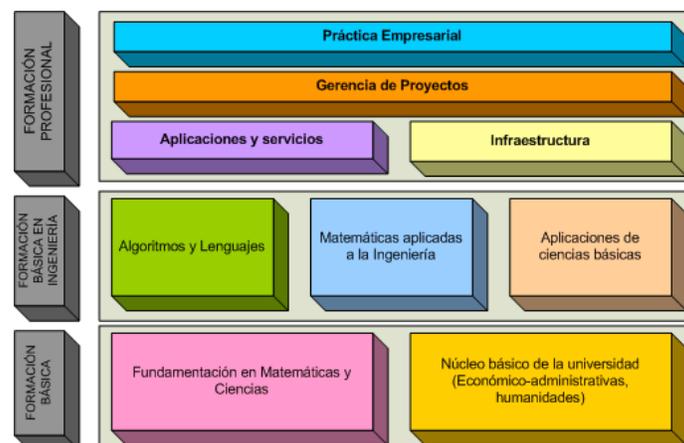


Figura 1. Bloques de formación del programa de Ingeniería Telemática

También se tuvieron en cuenta las restricciones para el diseño: Total de créditos entre 160 y 170, y consideración de las materias que hacen parte del núcleo común de materias de la Universidad (en su mayoría pertenecientes a los bloques de núcleo básico, y de fundamentación en matemáticas y ciencias).

En primer lugar, el comité de currículo calificó y ponderó los ítems del syllabus de CDIO, obteniéndose de esta manera un subconjunto de los ítems del syllabus a nivel 3, en el cual el programa de Ingeniería Telemática haría énfasis. Luego, las cinco competencias definidas en la etapa anterior fueron asimiladas a los ítems del syllabus de CDIO. Los vacíos que quedaron a nivel profesional se llenaron definiendo los ítems de CDIO 1. Hecho esto, fue posible elaborar la matriz de cruce de bloques de formación vs. syllabus de CDIO, que se ilustra en la figura 2. En cada bloque, se especifica si los diferentes ítems deben enseñarse (T) o aplicarse (A).

	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4		Bloque 5		Bloque 6		Bloque 7		Bloque 8		Bloque 9	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
<b>CDIO 1: CONOCIMIENTO Y RAZONAMIENTO DISCIPLINARIOS</b>																		
1.1. Conocimiento de matemáticas y ciencias	X		X		X				X	X								
1.2. Conocimientos fundamentales de Ingeniería			X						X	X	X	X	X					
1.3. Conocimiento de habilidades, técnicas y herramientas avanzadas de Ingeniería Telemática									X	X	X	X			X	X		X
<b>CDIO 2: HABILIDADES Y ATRIBUTOS PERSONALES Y PROFESIONALES</b>																		
2.1. Razonamiento analítico y solución de problemas	X		X		X	X		X	X	X	X	X	X		X			X
2.2. Experimentación, investigación y descubrimiento de conocimiento	X		X		X	X		X	X	X	X							X
2.3. Pensamiento sistémico			X		X			X		X	X				X			X
2.4. Actitudes, pensamiento y aprendizaje	X		X		X	X		X	X	X	X							X
<b>CDIO 3: HABILIDADES INTERPERSONALES</b>																		
3.1. Trabajo en equipo					X			X	X	X	X	X	X	X	X			X
3.2. Comunicación	X		X		X	X		X	X	X					X			X
3.3. Comunicación en lenguas extranjeras					X			X	X	X				X				X
<b>CDIO 4: CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR, OPERAR</b>																		
4.1. Contexto externo, de sociedad y de medio ambiente			X		X	X		X	X	X								X
4.2. Contexto de empresa y negocios					X				X	X	X			X	X			X
4.3. Concepción, ingeniería del sistema y administración									X	X	X	X		X	X			X
4.4. Diseño									X	X	X	X						X
4.5. Implementación									X	X	X	X		X	X			X
4.6. Operación									X	X	X	X		X	X			X

**CLAVE BLOQUES**

1. Ciencias básicas
2. Ciencias básicas de Ingeniería
3. Económico-administrativas
4. Sociohumanísticas
5. Infraestructura
6. Aplicaciones y servicios
7. Algoritmos y programación
8. Gerencia de proyectos
9. Práctica empresarial

Figura 2. Matriz de cruce de bloques de formación vs. syllabus de CDIO

Acto seguido, se elaboró la matriz de cruce de bloques de formación vs. competencias, en la que, además de establecer el nivel de logro de cada competencia en cada bloque, se propusieron las materias. En cada materia, la competencia puede introducirse (I), enseñarse (T) o aplicarse (A). Se ilustra un fragmento de la matriz en la figura 3.

		Ciencias básicas de Ingeniería					Infraestructura					Aplicaciones y servicios					Gerencia de proyectos			Innovación
		Introducción a la Ingeniería	Señales y Sistemas	Sistemas de Comunicación digital	Electrónica	Lógica Digital	Arquitectura de computadores	Redes y Comunicaciones I	Redes y Comunicaciones II	Redes Convergentes	Comunicaciones inalámbricas	Sistemas Operativos	Programación en Red	Aplicaciones móviles	Administración de Plataformas	Sistemas distribuidos	Gestión Infraestruct + Serv	Gerencia de Proyectos	Proyecto de Grado I	
CBI	Aplicar las herramientas matemáticas y físicas para modelar y solucionar problemas de informática y telecomunicaciones	T	TA	T	T															
INFR	Desarrollar proyectos de ingeniería en las áreas tecnológicas de información y comunicaciones.	I				IT	T	T	TA	T						A				
APP		I									T	T	TA	TA	TA	A				
GP																	I	T	TA	TA
INNOV	Identificar oportunidades para nuevos usos de las TIC (Innovación)													I		I		T	A	T

Figura 3. Matriz parcial de cruce de competencias vs. bloques de formación

Terminado este trabajo, se refinó la propuesta de plan curricular. En este momento, se ha iniciado el trabajo en el diseño micro curricular. Queda pendiente el establecimiento del programa de mejoramiento continuo.

#### 4. Conclusiones y trabajo futuro

El (re)diseño curricular de un plan de estudios va más allá del establecimiento de las materias que lo componen. Supone un proceso iterativo constituido por dos fases: planeación y gestión. Durante la fase de planeación, se debe conformar el equipo de proyecto, que tiene la responsabilidad de evaluar el nivel de madurez del currículo, el proyecto educativo institucional, los referentes nacionales e internacionales y las diferentes perspectivas que tienen las partes interesadas respecto de la actuación personal y profesional del futuro Ingeniero. A partir de la identificación de las competencias transversales genéricas y profesionales, y de la forma como deben ser desarrolladas en los diferentes bloques de formación del plan de estudios, se formula la propuesta curricular. Es allí donde la iniciativa CDIO ha servido como marco de referencia. Durante la fase de gestión, el comité de currículo debe poder efectuar un mejoramiento continuo del programa a partir de una evaluación objetiva y cuantitativa del desarrollo y consolidación de las competencias. Para hacerlo, se hace necesario desarrollar procesos de evaluación por competencias basados en rúbricas, capacitar docentes, y reflexionar alrededor de las estrategias pedagógicas que favorecen el desarrollo y consolidación de las competencias.

En este trabajo se presentó el rediseño del plan de estudios del programa de Ingeniería Telemática de la Universidad Icesi, en particular la fase de planeación. Como trabajo futuro, se espera implementar el componente de gestión que permita poner en operación el proceso de mejoramiento continuo.

#### 5. Referencias

- Association for Computing Machinery, ACM (2008). IT 2008 Computing Curricula. Consultado el 7 de mayo de 2013 en <http://www.acm.org/education/curricula/IT2008%20Curriculum.pdf>
- ANECA (2005). Libro blanco, título de grado en Ingeniería de Telecomunicación. Consultado el 7 de mayo de 2013 en [http://www.aneca.es/var/media/151120/libroblanco\\_telecomunicaciones.pdf](http://www.aneca.es/var/media/151120/libroblanco_telecomunicaciones.pdf)

- Crawley, E; Malmqvist, J; Östlund, S; Brodeur, D. (2007). Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. Springer Science+Business Media, USA. 300 pp.
- OECD (2013). Testing student and university performance globally: OECD's AHELO. Consultado el 7 de mayo de 2013 en <http://www.oecd.org/edu/ahelo>
- Tuning (2013). Tuning Educational Structures in Europe. Consultado el 7 de mayo de 2013 en <http://www.unideusto.org/tuningeu/>
- University of Purdue, College of Engineering (2013). Engineer of 2020 initiative. Consultado el 7 de mayo de 2013 en <https://engineering.purdue.edu/Engr/Academics/Engineer2020>

### Sobre los autores

- **Juan Manuel Madrid Molina:** Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Informática, Máster en Seguridad de la Información de Nova Southeastern University. Profesor de tiempo completo. [jmadrid@icesi.edu.co](mailto:jmadrid@icesi.edu.co)
- **Álvaro Pachón de la Cruz:** Ingeniero de Sistemas, Especialista en Redes y Comunicaciones, DEA y Doctor en Filosofía (c) de la Universidad de Vigo. Jefe del Departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), profesor de tiempo completo. [alvaro@icesi.edu.co](mailto:alvaro@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)