



# **IMPLEMENTACIÓN DE LA INICIATIVA CDIO EN EL DISEÑO CURRICULAR DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA**

**Carolina Castaño Portilla**

**Escuela de Ingeniería de Antioquia  
Envigado, Colombia**

## **Resumen**

La iniciativa internacional CDIO tiene el objetivo de mejorar la educación en ingeniería, proporcionando una formación con énfasis en los fundamentos de la ingeniería y enmarcados en el contexto de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas, productos y servicios del mundo real. En el presente trabajo se aborda el diseño curricular propuesto por la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) y su articulación con los estándares uno, dos, tres, cuatro, cinco y siete de la iniciativa CDIO; desde la definición de competencias, la generación de líneas curriculares y la identificación de niveles de desarrollo, hasta la asignación de resultados de aprendizaje en cada una de las asignaturas, como estrategia para facilitar al docente el diseño de metodologías e instrumentos adecuados de evaluación que se integren en un proceso formativo que lleve al estudiante al desarrollo gradual de las competencias, teniendo en cuenta que la formación no se refiere únicamente a conocimientos sino también a actitudes y habilidades, por lo que consiste en la creación de experiencias y situaciones que confronten al estudiante en su proceso de aprendizaje.

La EIA ha realizado el diseño curricular con la participación de la dirección, profesores y empleadores, para definir competencias profesionales y personales, algunas de ellas genéricas para los diez programas de ingeniería y otras específicas por programa. En esta concepción se ha articulado la iniciativa CDIO como modelo para la enseñanza de la ingeniería, integrando los conocimientos, habilidades y actitudes mencionados en el Syllabus CDIO para potenciar desempeños de alta calidad en la labor que la competencia describe. Adicionalmente, se han considerado cuatro asignaturas para la realización de proyectos de ingeniería, la asignatura introducción a la ingeniería, las pasantías o prácticas y el trabajo de grado como espacios de aprendizaje integrado,

que se han convertido en escenarios donde no solo se desarrollan habilidades para concebir, diseñar, desarrollar u operar, sino también hitos donde se evalúan en contexto las competencias profesionales.

**Palabras clave:** iniciativa CDIO; diseño curricular; competencias

### **Abstract**

*The CDIO international initiative goal is to reform engineering education, providing a learning experience with a focus on the engineering fundamentals framed in the Conceive, Design, Implement, Operate context, for real world products, systems and services.*

*This article approaches the curricular design proposed by the Escuela de Ingeniería de Antioquia and its articulation with one, two, three, four, five and seven CDIO standards. Starting with competencies definition, curricular lines generation as well as identification of development levels, all the way to the allocation of learning outcomes in each course, as a strategy to facilitate methodologies design and appropriate assessment tools for the teachers. The aim is to integrate this tools in a learning process that takes the student through a gradual competencies development, having in account that the learning process not only refers to knowledge but also to attitude and skills, so it needs the creation of experiences and scenarios confronting the student in his learning process.*

*The EAI has envolved the direction, the teachers and employers it the curricular design development, to define professional and personal skills, some of which common to the ten engineering programs and others specific by program. In this conception, the CDIO model has been articulated as a teaching engineering framework, integrating knowledge, skills and attitudes mentioned by the CDIO Syllabus, to promote high-quality performance in the labor described by the competency. Additionally, four courses have been considered to develop engineering projects, the introduction to engineering courses, the internships and the degree project as integrated learning spaces that have become sceneries for conception, design, development and operations skills development.*

**Keywords:** CDIO initiative; curricular desing, competencies

## **1. Introducción**

La iniciativa de colaboración internacional CDIO surgió en Octubre de 2000 con el apoyo de la fundación Knut and Alice Wallenberg, El Instituto tecnológico Royal (KTH), las Universidades Linköping y Chalmers, la Universidad Tecnológica de Suecia, y el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Su objetivo es mejorar la educación en ingeniería, proporcionando un marco general que hace énfasis en los fundamentos de la ingeniería enmarcados en el contexto de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas, productos y servicios del mundo real. La iniciativa se encuentra concebida

como una arquitectura abierta que propone metodologías, productos y plantillas que pueden ser adaptadas por las diferentes instituciones de educación en ingeniería de acuerdo a las particularidades de los programas (Berggren, y otros, 2003).

La EIA se vinculó a la iniciativa CDIO en 2012 y la ha adoptado con una mirada global de los 12 estándares, partiendo principalmente, tal como lo indica el estándar uno, de reconocer que el desarrollo y la utilización de productos, procesos y sistemas constituyen el contexto para el aprendizaje de la ingeniería, una mirada que involucra no solo un cambio curricular, sino también metodológico y de gestión en la que se compromete toda la comunidad académica, desde la alta dirección (CDIO, 2010). Actualmente se tienen dos programas como líderes de la iniciativa, ingeniería mecatrónica e ingeniería biomédica, pero los resultados han irradiado a los demás programas de ingeniería en la EIA. En el presente trabajo se explica la implementación de los estándares dos, tres, cuatro, cinco y siete en el diseño curricular de los 10 programas de ingeniería de la EIA.

## 2. Implementación del Syllabus CDIO y el diseño de currículos integrados

El estándar dos de CDIO se refiere al Syllabus o Programa de estudios para un programa de ingeniería (CDIO, 2008). En la EIA se entiende el Syllabus como el perfil profesional, esas competencias personales o profesionales que se desarrollan con el currículo, entendiendo como competencia la integración de atributos: conocimientos, habilidades y actitudes, soportados por valores; integración que potencia desempeños de alta calidad en la labor que la competencia describe.

El Syllabus CDIO está dividido en cuatro partes (CDIO, 2008), las cuales se trabajan en la EIA agrupadas en competencias profesionales y personales. En la Figura 1 se relaciona la estructura del Syllabus de la iniciativa CDIO con la concepción del perfil profesional en la EIA. En las competencias profesionales la EIA tiene en cuenta el conocimiento técnico y el razonamiento disciplinar propuesto en la primera parte del Syllabus CDIO, pero integra también otras las habilidades y actitudes relacionadas en la segunda parte, así como las competencias para concebir diseñar, implementar y operar.

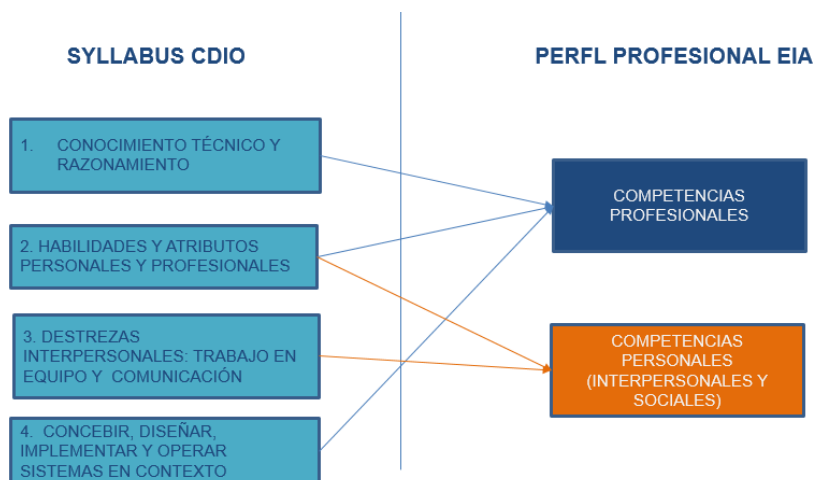


Figura 1. Articulación del perfil profesional EIA y el Syllabus CDIO.

Como competencias profesionales, la EIA tiene declaradas unas específicas para cada programa y unas competencias genéricas para los diez programas de ingeniería, dentro de las cuales se incluyen la competencia de modelos y simulación y de investigación, las cuales abarcan muchas de las habilidades y atributos profesionales que propone el Syllabus en su segunda parte.

Las competencias personales abordan algunas de las destrezas personales y las interpersonales declaradas en el Syllabus en la segunda y tercera parte. En la EIA se han declarado tres competencias personales genéricas para los diez programas de ingeniería y cada programa puede declarar también otras específicas. Las competencias genéricas que se declararon son trabajo en equipo, competencia comunicativa y pensamiento sistémico.

Lo que se pretende con la declaración de un perfil profesional, es lograr que el estudiante desarrolle las competencias establecidas a lo largo del plan de estudios de una forma definida y planeada, para que el resultado pueda ser medible y reproducible. Para lograr este objetivo, se inició con la identificación de las competencias a trabajar, para lo que se utilizó como referencia el syllabus CDIO pero también se valoró la opinión de representantes de la industria convocados mediante la figura de comités asesores de programa, con quienes se realizan reuniones mensuales.

A partir de la identificación, fue importante trabajar en una definición satisfactoria que unificara los diferentes conceptos de la comunidad académica. Para lograrlo, se trabajó en paralelo un proyecto para la implementación de las competencias profesionales y otro relacionado con las competencias personales. Para el caso de las competencias profesionales el Director de cada programa lideró la definición de las competencias específicas y participó en la definición de las competencias genéricas. Para el caso de las competencias personales se nombró un gestor del proyecto acompañado con un profesor líder para cada una de las competencias.

Una vez se tuvo clara la definición de las competencias personales, el equipo de trabajo anteriormente mencionado, estableció niveles de desarrollo y evidencias de desempeño esperadas para cada nivel, utilizando como principal marco de referencia el syllabus en su tercer y cuarto nivel de detalle. Las evidencias de desempeño por nivel, permiten identificar las asignaturas que por su saber o metodología se prestan para el desarrollo de las competencias personales. Para la identificación de las asignaturas se trabajó con los Directores de cada programa y se estableció una matriz para cada programa. En esta identificación de asignaturas fue fundamental la participación de los docentes organizados bajo la estructura de área académica, agrupaciones de profesores por saber y ciencia que se encargan de mantener actualizados los programas de las asignaturas relacionadas con su saber y de que las metodologías, recursos y evaluación sean las adecuadas.

La Figura 2 presenta un ejemplo de la matriz de competencias propuesta para trabajo en equipo, allí se identifican las asignaturas comunes en los diez programas de ingeniería de la EIA que aportarán al desarrollo de la competencia. Cada asignatura tendrá una responsabilidad definida en el desarrollo de la competencia de acuerdo al nivel en el

que se encuentra, las evidencias de desempeño asignadas y el tipo de actividad de aprendizaje que realizará la asignatura. Para identificar el tipo de actividad de aprendizaje que la asignatura realizará se utilizaron las categorías Introducir (I), Enseñar (E) y Utilizar (U), con base en la intención de la actividad, su relación con los objetivos de aprendizaje del curso, el tiempo dedicado, el trabajo dejado al estudiante y los criterios de evaluación, con base en la propuesta de Bankel, *et al.* (2005).

Niveles de Desarrollo	Asignatura	Estilo de Actividad de Aprendizaje	Evidencias de desempeño			
			Conformación de Equipos	Gestión de Equipos	Desarrollo del Equipo	Liderazgo
Nivel Básico	Biología	I				
	Introducción a la Ingeniería	I-E				
	proyecto de Ingeniería I	E				
	Ciencia de los Materiales	U				
	Probabilidad y Estadística	U				
Nivel Medio	Proyecto de Ingeniería II	E				
	Administración General	E				
	Análisis Numérico	U				
	Contabilidad y Finanzas	U				
Nivel Alto	Proyecto de Ingeniería III	E				
	Metodología de la Investigación	E				
	Formulación y Evaluación de Proyectos	E				
	Ética y Resposabilidad Social	E				
	Proyecto de Ingeniería IV	U				

Figura 2. Ejemplo de Matriz de Competencias para Trabajo en Equipo.

Para cada competencia profesional se estableció una línea curricular o conjunto de asignaturas que contribuyen al desarrollo de la competencia. Para ello se analizó en cada asignatura cuál era el objetivo desarrollador que da cuenta de ese potencial de desempeño que tendrá el estudiante al final de la asignatura y cómo se va aportando de forma gradual al desarrollo de la competencia. De igual forma, resultó interesante para el programa de ingeniería biomédica el desarrollo de una matriz de conocimientos técnicos donde se identificó todo lo que el ingeniero debe saber en ciencias básicas, básicas de ingeniería y de ingeniería aplicada, tal como lo sugiere el Syllabus en su primera parte y se determinó cuales asignaturas introducen (I), enseñan (E) o utilizan (U) estos conocimientos, para asegurar que haya integración en el currículo, es decir, que los cursos se apoyen unos a otros mediante conexiones explícitas de contenidos y resultados de aprendizaje; como lo plantea el estándar tres de CDIO (CDIO, 2010). Este proceso fue liderado por el Director de cada programa con un grupo de apoyo curricular conformado por un profesor que representa cada una de las líneas curriculares.

Las competencias profesionales genéricas en la EIA son: económica administrativa, socio humanística, modelos y simulación, investigación y ciencias básicas. Estas competencias y sus líneas curriculares proveen un núcleo común amplio para las diez ingenierías, que respalda la filosofía institucional, la cual busca privilegiar la formación rigurosa como ingenieros, para luego fortalecer lo específico de cada programa.

En la EIA se propende por un currículo integrado como lo sugiere el estándar tres de la iniciativa CDIO y para ello utiliza los modelos sugeridos por Berggen, *et al.* (2003). En el modelo por bloques, se busca diseñar el programa de las asignaturas de acuerdo con las responsabilidades específicas asignadas para el aporte en el desarrollo de las competencias, identificando los momentos donde se enseñan, definiendo las metodologías y la evaluación apropiada y desarrollando guías de aprendizaje y rúbricas de evaluación. Este esfuerzo finalmente se realiza de la mano de los profesores de las asignaturas agrupados en las áreas académicas. En este enfoque las principales dificultades han sido lograr establecer resultados de aprendizaje que aporten de forma integrada al desarrollo de las competencias profesionales y personales en los niveles establecidos y poder incorporar recursos metodológicos y de evaluación no solo desde lo cognitivo sino también los procedimental, actitudinal y axiológico.

Algunas asignaturas por sus proyectos de aula aportan al desarrollo de las competencias concebir, diseñar, implementar y operar bajo el modelo de bloques, pero se hacen más explícitas en las asignaturas proyecto de ingeniería, las cuales pueden integrar conocimientos disciplinares, habilidades y actitudes de asignaturas que se están realizando de forma simultánea en el semestre como se propone en un modelo articulado o donde convergen diferentes asignaturas bajo un modelo tipo sombrilla.

### **3. Experiencias de aprendizaje significativas para la formación en ingeniería**

Los planes de estudio de los diez programas de ingeniería de la EIA cuentan con cuatro asignaturas para la realización de proyectos; localizadas en los semestres dos, cuatro, seis y ocho. En estas asignaturas se aplican en contexto los contenidos de las líneas curriculares y se generan experiencias de aprendizaje integrado de acuerdo con el estándar siete de CDIO (CDIO, 2010), que conducen a la adquisición de conocimientos disciplinares, habilidades personales e interpersonales y también de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.

De acuerdo con el estándar cuatro de la iniciativa CDIO, la asignatura introducción a la ingeniería que se orienta en el primer semestre, acerca al estudiante a su carrera y a los campos de acción, a través de proyecto de inicio de carrera sencillo, estructurado previamente por el Director del programa y que introduce las habilidades personales e interpersonales en el nivel básico.

La asignatura proyecto de ingeniería I proporciona al estudiante una visión del marco general para la práctica de la ingeniería. En ella se explica el método del ingeniero, el desarrollo de proyectos de ingeniería y la iniciativa CDIO. En esta asignatura los estudiantes realizan un proyecto sencillo en el cual vivencian las etapas de concepción, diseño, implementación y operación y continúan desarrollando las competencias personales en el nivel básico. Esta asignatura sigue siendo orientada por el Director del programa buscando una cercanía con los estudiantes para apoyarlos oportunamente en esta etapa difícil de adaptación a la vida universitaria.

En la Figura 3 se observa el énfasis de los proyectos de ingeniería II, III y IV, aunque es importante mencionar que cada programa de ingeniería ha implementado de forma

diferente estas asignaturas de acuerdo a sus necesidades y características. Para el diseño y la implementación de estos cursos, la institución nombró un líder que se encarga de unificar ideas y generar lineamientos que faciliten a los grupos de apoyo curricular de cada programa su puesta en marcha. Es así como se ha logrado establecer que los proyectos de ingeniería II, III y IV trabajan todas las etapas de CDIO, haciendo énfasis en alguna de ellas. Proyecto de ingeniería II se enfoca en la concepción buscando que el estudiante sea capaz de formular el problema, justificar el proyecto y plantear los objetivos de acuerdo a las necesidades del cliente. La asignatura Proyecto de Ingeniería III hace énfasis en el diseño y el entregable principal es un plano una representación o un algoritmo. Finalmente, en Proyecto de Ingeniería IV se espera la implementación de un prototipo funcional y que el estudiante visualice la vida útil del producto una vez esté en operación.

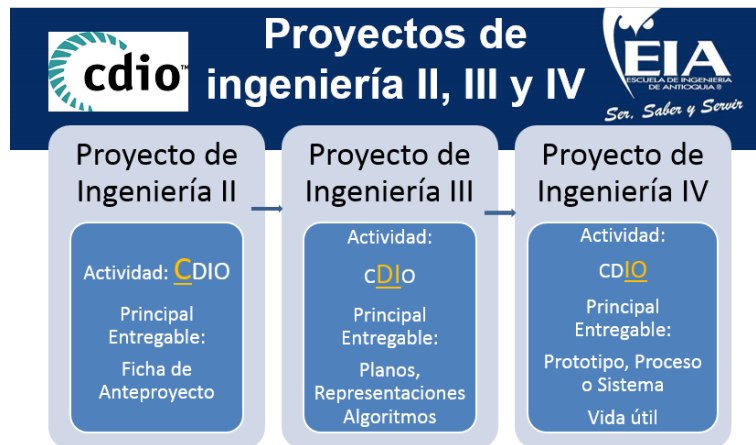


Figura 3. Enfoques de las asignaturas Proyecto de Ingeniería

Normalmente el origen de los problemas para las asignaturas proyecto de ingeniería surge de los bancos de problemas de los grupos de investigación, de visitas de los estudiantes a empresas, de sugerencias de los comités asesores, a través de concursos de retos patrocinados por empresas y de foros y conferencias con egresados o representantes de la industria.

Los equipos de trabajo para el desarrollo de los proyectos en estas asignaturas son pequeños (tres o cuatro personas) de tal forma que se facilite la evaluación individual y en equipo. En los primeros semestres la conformación de los equipos es asignada por el profesor y posteriormente se da autonomía a los estudiantes.

Se ha detectado que la motivación de los estudiantes es mayor cuando el proyecto es propuesto por ellos, por lo que generalmente son los estudiantes quienes seleccionan el problema. Es así como la mayoría de las veces la solución de los proyectos es desconocida por el docente al inicio de la asignatura.

Para la evaluación se utiliza un diario de campo donde los estudiantes van registrando todas las actividades y decisiones, este instrumento ha resultado ser una excelente herramienta para evaluar competencias de comunicación escrita y trabajo en equipo. Se realizan generalmente sustentaciones orales, entregas de avances técnicos y al final

se realiza una muestra de todos los proyectos realizados en la EIA, al cual asisten invitados, estudiantes y profesores de todos los programas para evaluar los proyectos.

La implementación del estándar cinco de la iniciativa CDIO a través de las asignaturas proyecto de ingeniería como experiencias de diseño - implementación, ha sido muy bien valorada por los estudiantes, pues ponen en práctica y confrontan lo aprendido a lo largo de su carrera en contextos realistas y reciben los aportes de personas de diferentes disciplinas, experiencia que les deja aprendizajes e interrogantes nuevos que les permite vincular el conocimiento y las habilidades disciplinarias con sus propios intereses de desarrollo profesional. (CDIO, 2010). El proyecto que desarrolla el estudiante en cada una de estas experiencias de diseño -implementación podría ser el mismo desde proyecto de ingeniería I e ir evolucionando hasta terminar en un trabajo de grado exitoso o un emprendimiento tecnológico.

El trabajo de grado es otra experiencia de diseño - implementación presente en los currículos de la EIA. El trabajo de grado tiene el objetivo de Concebir y desarrollar un proyecto donde se apliquen las competencias adquiridas en su proceso de formación, en la solución de un problema. Cada trabajo cuenta con un director que debe hacer la orientación del desarrollo del trabajo y evaluación de los resultados. Se cuenta con tres modalidades posibles; trabajo exploratorio, de aplicación profesional y de emprendimiento empresarial. La modalidad exploratorio consiste en proyectos orientados a la descripción, caracterización o análisis de una situación o fenómeno o a la generación de propuestas de nuevos productos o servicios La modalidad de Aplicación profesional consiste en la preparación de una propuesta que busque plantear una solución a un problema específico que se presenta en una organización. La modalidad de emprendimiento empresarial consiste en la elaboración de un plan de negocio de una iniciativa empresarial preferiblemente de base tecnológica. (Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2013)

El semestre de proyectos especiales es un componente flexible del plan de estudios de los programas académicos de pregrado, es un semestre que hace parte de las experiencias de aprendizaje integrado en el currículo y que aporta a la formación integral mediante vivencias en beneficio de la formación académica, profesional y personal de los estudiantes. Durante este semestre el estudiante puede realizar una práctica empresarial, una práctica social o una práctica investigativa. (Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2013)

#### **4. Conclusiones**

En el proceso de implementación de la iniciativa CDIO en los programas de ingeniería se recomienda involucrar diversos actores tales como la alta dirección de la institución, profesores, estudiantes, egresados y representantes de la industria. Su participación debe de tener el objetivo de recoger información relevante pero también de constante divulgación de los resultados.



Se sugiere dividir estratégicamente las acciones requeridas para la implementación de la iniciativa, en proyectos que cuenten con líderes y equipos de trabajo comprometidos.

La EIA aún se encuentra en proceso de implementación y mejora continua, para ello debe trabajar la evaluación de las competencias de los estudiantes y la evaluación del programa para medir el resultado de la implementación de la iniciativa CDIO. Sin embargo, se han obtenido logros que indican que el camino recorrido es acertado:

- Dos egresados quedaron entre los 35 jóvenes innovadores menores de 35 años del mundo, únicos de Latinoamérica y 1 de Colombia según el MIT Technology Review.
- Creación de empresas exitosas a partir de proyectos de los estudiantes.
- Desarrollo de productos para empresas.
- Obtención de becas como jóvenes líderes latinoamericanos, Colfuturo, entre otras.
- Excelentes evaluaciones en el semestre de proyectos especiales.
- Trabajos de grado con procesos de protección industrial.

## 5. Referencias

### Artículos de Revistas

- Bankel, J., Berggren, K. F., Engeström, M., Winklud, I., Crawley, E. F., Soder, H. D., & Östlund, S. (2005). Benchmarking Engineering curricula with the CDIO Syllabus. *Int. J. Engng Ed*, Vol 21, No 1, 121-133.
- Berggren, K. F., Brodeur, D., Crawley, E. F., Ingemarsson, I., Litant, W. T., Malmqvist, J., & Ostlund, S. (2003). CDIO: An international initiative for reforming engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education* Vol.2, No.1, 49-52.

### Fuentes Electrónicas

- CDIO. (12 de 04 de 2008). El programa de estudios CDIO. Obtenido de <http://www.cdio.org/node/5999>
- CDIO. (8 de diciembre de 2010). Estándares CDIO v. 2.0. Obtenido de <http://www.cdio.org/files/syllabus/CDIOStandardsv2Spanish%202010.pdf>
- Escuela de Ingeniería de Antioquia. (6 de Diciembre de 2013). Acuerdo 06: Semestre de Proyectos Especiales. Obtenido de [http://www.eia.edu.co/images/mi\\_eia/reglamentos\\_estatutos/Acuerdos-especificos-pregrado/2014-AcuerdoPregrado-06-Semestre-de-Proyectos-Especiales.pdf](http://www.eia.edu.co/images/mi_eia/reglamentos_estatutos/Acuerdos-especificos-pregrado/2014-AcuerdoPregrado-06-Semestre-de-Proyectos-Especiales.pdf)
- Escuela de Ingeniería de Antioquia. (15 de Noviembre de 2013). Acuerdo Común 08: Trabajo de Grado. Obtenido de [http://www.eia.edu.co/images/mi\\_eia/reglamentos\\_estatutos/Acuerdos2014/2014-Acuerdo-comun-08-Trabajo-grado.pdf](http://www.eia.edu.co/images/mi_eia/reglamentos_estatutos/Acuerdos2014/2014-Acuerdo-comun-08-Trabajo-grado.pdf)

## Sobre los autores

- **Carolina Castaño Portilla:** Ingeniera Biomédica, Magíster en Administración. Directora de Ingeniería Biomédica. [maestriabiomedica@eia.edu.co](mailto:maestriabiomedica@eia.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)