



2º Congreso  
Latinoamericano  
de Ingeniería

2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN  
DE INGENIEROS EN LA  
ERA DIGITAL



# **MODELO EDUCATIVO OFRECIDO POR CDIO COMO SOPORTE CURRICULAR EN PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE**

**Ricardo Chegwin Hillebrand, Beatriz Cardozo Arrieta, Mauricio Márquez Santos, Armando Robledo Acosta**

**Universidad Autónoma del Caribe  
Barranquilla, Colombia**

## **Resumen**

El CDIO es una metodología que promueve la integración del conocimiento con la práctica de la ingeniería, la cual se caracteriza por ser un marco educativo innovador, aplicado a programas académicos de ingeniería, basado en fundamentos de la profesión como: Concebir, Diseñar, Implementar, Operar.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe planea una reforma integral de los currículos de su oferta académica a partir del estableciendo de estándares que apunten a una formación integral en un marco de mejoramiento continuo. Este proceso está caracterizado por cambios en las metodologías de enseñanza, en el rigor de la evaluación del proceso de aprendizaje, en la formación docente efectiva, en la dotación de espacios de trabajo entre otros. Para este fin, la Facultad contará con la participación y el compromiso de diversos actores como: la alta dirección, los docentes, los estudiantes, los egresados y los gremios.

Fiel al concepto de la iniciativa CDIO, este proyecto de la Facultad de Ingeniería necesitará cumplir diferentes etapas que definirán la ruta hacia el éxito académico, algunas de ellas contienen: el levantamiento y construcción del perfil profesional y de egreso, así como la malla curricular.

**Palabras clave:** CDIO; facultad de ingeniería; currículo

## **Abstract**

*The CDIO is a methodology that promotes the integration of knowledge with the practice of engineering, which is described as an innovative educational framework, implemented in academic engineering programs, based on the fundamentals of the profession such as: Design, Design, Implement, Operate.*

*The Faculty of Engineering of the Autonomous University of the Caribbean plans a comprehensive reform of the curricula of its academic offer based on the establishment of standards that point to an integral formation in a framework of continuous improvement. This process is at the moment of changing in the teaching methodologies, in the rigor of the evaluation of the learning process, in effective teacher training, in the allocation of work spaces among others. To this end, the Faculty will have the participation and commitment of various actors such as: senior management, teachers, students, graduates and guilds.*

*Faithful to the concept of the CDIO initiative, this project of the Faculty of Engineering will be based on academic success, some of them, the raising and construction of the professional profile and graduation, as well as the curriculum.*

**Keyword:** CDIO; curriculum

## **1. Introducción**

La industria en los últimos años ha encontrado que los estudiantes graduados de las Facultades de Ingeniería, aunque técnicamente son adeptos, carecen de las habilidades requeridas en situaciones de ingeniería del mundo real. Aspectos como el acelerado cambio tecnológico, la competitividad y la innovación hacen parte ya de los retos para las facultades. (ACOFI et al., 2015; CDIO, 2019)

Nace el CDIO como una metodología, desarrollada por el MIT, que se fundamenta en la integración del conocimiento con la práctica de la ingeniería. Se basa en una premisa comúnmente aceptada de que los graduados de ingeniería deberían ser capaces de: Concebir – Diseñar – Implementar – Operar sistemas complejos de ingeniería con valor agregado en un ambiente moderno y basado en el trabajo en equipos para crear sistemas y productos. Ofrece entonces un modelo educativo que enfatiza los fundamentos de la ingeniería, en el contexto de la Concepción – Diseño – Implementación – Operación de procesos. (ACOFI et al., 2015; CDIO, 2019)

El “CDIO Syllabus” (Programa de Estudio CDIO) resume un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que los egresados deben poseer y que son determinados por los resultados del aprendizaje vinculados al conocimiento técnico y disciplinario

- ✓ Habilidades personales (innovación, liderazgo, pensamiento crítico, capacidad de aprendizaje, creatividad).
- ✓ Habilidades interpersonales (comunicación y trabajo en equipo).
- ✓ Habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, es decir habilidades que permiten entregar soluciones de ingeniería con valor agregado.

Para implementar o adoptar el modelo CDIO se requieren cambios en las metodologías de enseñanza, rigor de la evaluación del proceso de aprendizaje, formación docente efectiva, en la dotación de espacios de trabajo, etc.

Por lo anterior la Universidad Autónoma del Caribe se propone implementar una reforma integral de los currículos de los programas de la Facultad de Ingeniería de la UAC que promueva el aprendizaje de conceptos fundamentales de la disciplina al igual que el desarrollo que competencias genéricas personales, interpersonales y propios de la ingeniería para concebir, diseñar e implementar y operar productos y sistemas en un contexto empresarial y social, en un marco de mejoramiento continuo.

## **2. Adopción del modelo educativo CDIO en los programas de ingeniería de la UAC**

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. Adoptar CDIO implica una reforma integral a currículos de ingeniería, incluyendo:

- Cambios en las metodologías de enseñanza.
- Evaluación del proceso de aprendizaje.
- La formación docente.
- La dotación de espacios de trabajo entre otros.

En la figura adjunta se presenta el proceso que se seguirá para el diseño curricular. Este proceso es adaptado de las recomendaciones de CDIO donde se definen 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. (Ulloa et al., 2013)

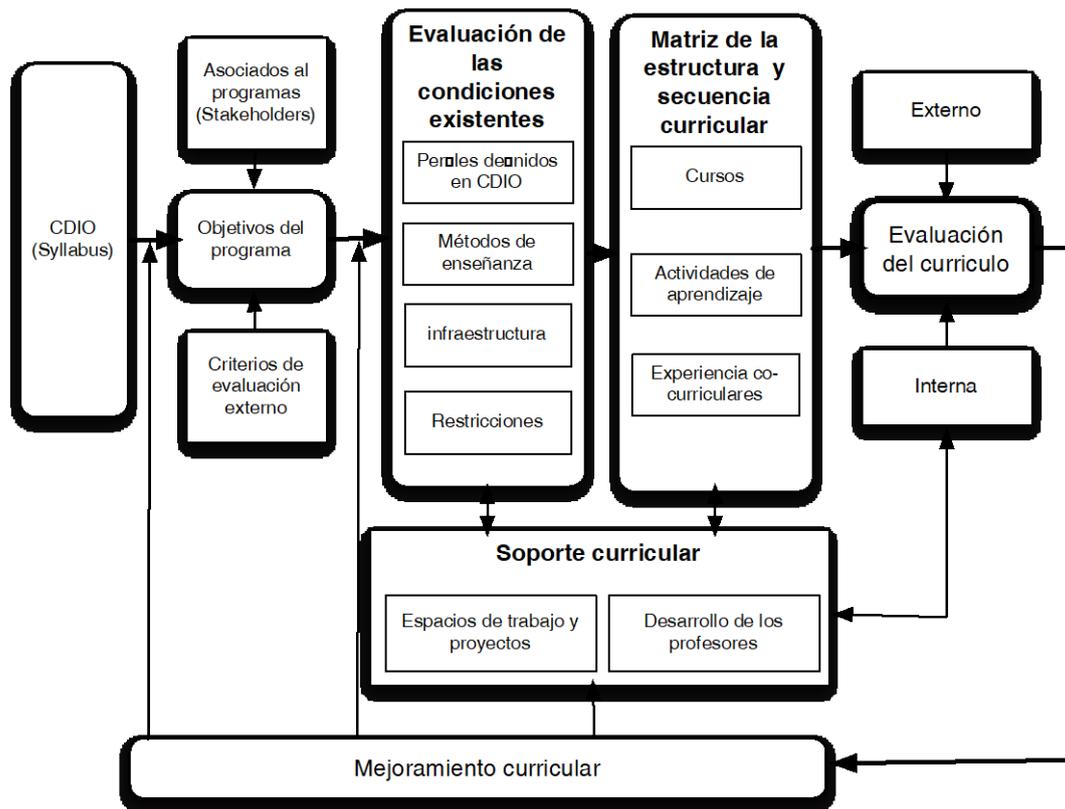


Fig. 1. Proceso de diseño curricular (Ulloa, et al. 2013)

Para implementar o adoptar el modelo CDIO se requieren cambios en las metodologías de enseñanza, rigor de la evaluación del proceso de aprendizaje, formación docente efectiva, en la dotación de espacios de trabajo, etc. Es necesario por tanto establecer los estándares del CDIO que apuntan a la formación integral de los estudiantes en un marco de mejoramiento continuo para la reforma de los currículos de los programas de la Facultad de Ingeniería de la UAC.

Se hace necesario diseñar una línea de ruta para la adopción de los 12 estándares de CDIO con la participación de diversos actores como lo son la alta dirección, los docentes, los estudiantes, los egresados y los gremios. Se parte de la definición del perfil del egresado de y la construcción de syllabus de acuerdo a la adopción de los estándares.

### 3. Avance de Implementación del CDIO en los programas de la Facultad de Ingeniería de la UAC

Para la adopción del modelo CDIO en los programas de la Facultad de Ingeniería se tomará como base las siguientes etapas:

Etapa I: Levantamiento del perfil profesional

Etapa II: Construcción del perfil de egreso.

Etapa III: Elaboración de malla curricular y perfiles de asignaturas.

Etapa IV: Elaboración de programas de asignaturas.

En estos momentos se ha avanzado en la etapa I: *Levantamiento del perfil profesional*, dando como resultado el establecimiento del perfil profesional y los fundamentos de la carrera de los programas académicos, realizado a través de la participación de docentes, estudiantes, industria y egresados como actores del proceso. Para lo anterior se establecieron los siguientes criterios:

- I. Misión y visión de los programas académicos.
- II. Global Grand Challenges.
- III. Mega tendencias tecnológicas.
- IV. Evolución de la Economía vs Innovación & Emprendimiento.
- V. Análisis de perfiles de referentes nacionales e internacionales.

A continuación, se presenta en el resultado de la propuesta del Perfil de Ingreso, Egreso, Ocupacional y Profesional del Ingeniero Mecánico 2019-2030 CDIO, esto como ejemplo, lo cual fue realizado para cada uno de los programas de la Facultad de Ingeniería de la UAC.



## RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL



CDIO	Ingreso	Egreso	Ocupacional	Profesional
<p><b>CONCEBIR:</b> Definir las necesidades del cliente considerando las tecnologías, estrategias empresariales y regulaciones vigentes que le permitan desarrollar los conceptos técnicos, y planes de negocio.</p>	<p>Los aspirantes por estudiar en el programa deberán contar con las siguientes habilidades básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidades para la solución analítica de problemas, lectura crítica y presentación de las ideas.</li> <li>Vocación hacia la aplicación creativa de las ciencias exactas.</li> </ul>	<p><b>HABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estar en capacidad de llevar a cabo el estudio integral de la prospectiva tecnológica como resultado del análisis de las mega tendencias e innovaciones en el desarrollo, investigaciones, pruebas y producción, de nuevos materiales, componentes, dispositivos o sistemas electromecánicos, utilizados en los procesos productivos o de servicio.</li> <li>Crear oportunidades de nuevos negocios, derivadas de la aplicación innovadora y exitosa de componentes, dispositivos o sistemas mecánicos, en procesos productivos o de servicio, empleando metodologías para el desarrollo de nuevos productos.</li> <li>Estar en capacidad de emprender nuevos procesos o empresa para el desarrollo innovador de nuevos productos o servicios.</li> </ul>	<p>Los principales campos de acción profesional en los cuales se desempeñan los ingenieros mecánicos que egresan de la Universidad Autónoma del Caribe son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación: Diagnóstico de procesos, operaciones y equipos, diseño de nuevas tecnologías.</li> <li>Creación y administración de empresas de carácter tecnológico Asesoría técnica y ventas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad para identificar, Concebir, formular proyectos y resolver problemas de ingeniería.</li> <li>Capacidad para mantenerse informado sobre los cambios contemporáneos y prospectivos del entorno.</li> <li>Capacidad de aprendizaje y actualización durante toda la vida.</li> <li>Habilidad para comunicarse efectivamente en su lengua materna y en otro idioma.</li> <li>Capacidad de innovar y concebir nuevos productos o bienes de servicios inclusivos que entreguen valor y beneficio social.</li> <li>de conflictos.</li> </ul>
<p><b>DISEÑAR:</b> Crear diseños, planos, dibujos y algoritmos que describan lo que</p>	<p>Los aspirantes por estudiar en el programa deberán contar con las siguientes habilidades básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Afición por el diseño.</li> </ul>	<p><b>CONOCIMIENTOS</b></p> <p>Diseño de Elementos de máquinas, mecanismos y maquinaria, teniendo en cuenta los principios termodinámicos y del conocimiento de los materiales y</p>	<p>Los principales campos de acción profesional en los cuales se desempeñan los ingenieros mecánicos que</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos de las ciencias básicas (matemáticas, física) y de ingeniería.</li> </ul>

**MODELO EDUCATIVO OFRECIDO POR CDIO COMO SOPORTE CURRICULAR EN PROGRAMAS ACADÉMICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE**

se ha de implementar o fabricar.		<p>procesos para el manejo eficiente de la energía.</p> <p><b>HABILIDADES</b></p> <p>Diseño y fabricación de nuevos componentes, dispositivos o sistemas mecánicos en procesos productivos o de servicios para la mejora de su desempeño, empleando metodologías de diseño en ingeniería.</p>	<p>egresan de la Universidad Autónoma del Caribe son:</p> <p>Diseño: Dirección de diseño, Ingeniería de investigación y desarrollo, Ingeniería de proyectos, Consultoría de diseño, Ingeniería de montaje e interventoría, Asesoría comercial y técnica y Formación de profesionales para el diseño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios.</li> <li>• Capacidad para utilizar las técnicas, habilidades y herramientas tecnológicas necesarias para la práctica de la ingeniería.</li> <li>• Capacidad de diseñar un sistema, componente, producto o proceso para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente de conformidad con las normativas vigentes.</li> <li>• Capacidad de diseñar e implementar experimentos para la caracterización de materiales, procesos y productos, así como el análisis e interpretación de datos o resultados.</li> </ul>
<b>CDIO</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Egreso</b>	<b>Ocupacional</b>	<b>Profesional</b>
<p><b>IMPLEMENTAR:</b></p> <p>Transformar el diseño en el producto incluyendo su fabricación, codificación, prueba y validación.</p>	<p>Los Aspirantes por estudiar en el programa deberán contar con las siguientes habilidades básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afición por la construcción de objetos o soluciones de uso común.</li> </ul>	<p><b>CONOCIMIENTOS</b></p> <p>Diseño de Elementos de máquinas, mecanismos y maquinaria, teniendo en cuenta los principios termodinámicos y del conocimiento de los materiales y procesos para el manejo eficiente de la energía.</p> <p><b>HABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el desempeño de componentes, dispositivos o sistemas mecánicos, usados en los procesos productivos o de servicios existentes, empleando conceptos y modelos físicos, económicos y matemáticos.</li> <li>• Aplicar los principios de operación de mecanismos,</li> </ul>	<p>Los principales campos de acción profesional en los cuales se desempeñan los ingenieros mecánicos que egresan de la Universidad Autónoma del Caribe son:</p> <p>Producción y Montaje: Ingeniería de materiales, Ingeniería de producción de máquinas, Ingeniería de montaje, Investigación y desarrollo, Consultoría en Ingeniería de materiales, producción de máquinas y montaje, Interventoría, Asesoría comercial y técnica, Formación de profesionales para las áreas de materiales,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para fabricar un sistema, componente, prototipo, proceso o producto para satisfacer las necesidades del entorno o mercado objetivo, de conformidad con los factores económicos, ambientales, sociales, políticos, legales, éticos, de seguridad de manera sostenible y amigable con el medio ambiente.</li> <li>• Liderazgo y capacidad para la negociación y solución de conflictos.</li> </ul>

		<p>aparatos, máquinas y procesos de fabricación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planear, controlar y automatizar las variables de un sistema productivo.</li> <li>• Aplicar los conceptos matemáticos y físicos en la comprensión de fenómenos y problemas ingenieriles.</li> </ul> <p><b>ACTITUDES</b> Disposición hacia la mejora continua en todos los procesos y productos involucrados en su área de conocimiento de manera sostenible y armónica con el medio ambiente.</p>	producción de máquinas y montaje, Planeación.	
--	--	---	---	--

<b>CDIO</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Egreso</b>	<b>Ocupacional</b>	<b>Profesional</b>
<p><b>OPERAR:</b> usar el producto implementado para entregar el valor deseado, incluyendo el mantenimiento, evolución y disposición final dentro del sistema.</p>	<p>Los Aspirantes por estudiar en el programa deberán contar con las siguientes habilidades básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interés en la ciencia, la tecnología y el mejoramiento continuo en procura del beneficio social y del medio ambiente.</li> </ul>	<p><b>CONOCIMIENTOS</b> Diseño de Elementos de máquinas, mecanismos y maquinaria, teniendo en cuenta los principios termodinámicos y del conocimiento de los materiales y procesos para el manejo eficiente de la energía.</p> <p><b>HABILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen manejo de las comunicación oral y escrita.</li> <li>• Contar con un buen desempeño en las prácticas profesionales y en el desarrollo de proyectos para su futura vinculación laboral.</li> </ul> <p><b>ACTITUDES</b></p>	<p>Los principales campos de acción profesional en los cuales se desempeñan los ingenieros mecánicos que egresan de la Universidad Autónoma del Caribe son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento: Dirección y gestión del mantenimiento, Planificación del mantenimiento, Consultoría del mantenimiento, Asesoría del mantenimiento, Auditoría del mantenimiento, Ingeniería de mantenimiento, Ejecución del mantenimiento, Investigación y desarrollo en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de comprender, operar y gestionar integralmente los recursos a cargo, teniendo en cuenta su impacto en el contexto económico, social, ambiental y global.</li> <li>• Capacidad para emprender, desarrollar y operar un plan de negocios, proceso o empresa teniendo en cuenta su ciclo de vida.</li> <li>• Capacidad para comprender y asumir su responsabilidad y ética en su quehacer profesional.</li> </ul>

		<p>Generación de un ambiente tecnológico de alto desempeño que mejore la productividad y competitividad de los procesos productivos o de servicios, mediante propuestas innovadoras de componentes, dispositivos, sistemas o maquinaria aplicando la ciencia y la tecnología.</p>	<p>mantenimiento, Formación de profesionales para el mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación de plantas industriales, maquinarias, equipos y herramientas:</li> </ul> <p>Gestión de la producción, Supervisión de planta, Consultoría técnica, Asesoría técnica, Auditoría de procesos productivos, Ingeniería de Procesos, Formación de profesionales para la operación y explotación de operaciones productivas, comerciales de equipos y herramientas.</p>	
--	--	---	---	--



#### 4. Conclusiones

La adopción del modelo educativo CDIO favorecerá el desarrollo de las habilidades requeridas por los estudiantes de ingeniería para resolver problemas reales en su práctica profesional, el establecimiento de los estándares permitirá establecer los cambios y planes de mejora para reforma curricular de los programas de la Facultad de Ingeniería de la UAC.

La participación activa de todos los actores involucrados: estudiantes docentes, egresados e industriales ha permitido hasta el momento cumplir con la I fase y definir el perfil profesional orientado en CDIO: Concebir-diseñar-implementar y operar para todos los programas de la Facultad de Ingeniería de la UAC, tomando en cuenta los criterios necesarios para formar profesionales idóneos e integrales, con desarrollo de competencias orientadas a la resolución de problemas reales, de acuerdo a las necesidades del contexto, innovación, liderazgo y emprendimiento, así como para adaptarse a un mundo rápidamente cambiante.

#### 5. Referencias

- ACOFI, et al. (2015). Estándares CDIO v. 2.0-Factores Claves del éxito que promueven el cambio cultural - El programa de estudios CDIO. En memorias de la III Reunión CDI Latinoamérica, pp 5-49.
- CDIO. Returning to Engineering Fundamentals. Consultado el 8 de noviembre 2018 en <http://www.cdio.org/cdio-history>
- González Correal, A. M. et al. (2015). Innovación educativa javeriana. Consultado el 15 de noviembre 2018 en <https://caee.javeriana.edu.co/servicios/innovacion-educativa/innovacion-educativa-javeriana>
- Martínez, C. et al. (2013). Adopción de la iniciativa CDIO en los planes de estudio de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCSC. LACCEI'2013, pp. 1-10.
- Ulloa, G. et.al. (2013). Proceso de implementación del CDIO en programas de tecnologías de la información y comunicaciones. WEEF 2013, pp 1-11.

#### Sobre los autores

- **Mauricio Márquez Santos:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Ingeniería de Procesos Industriales, Máster en Educación, estudiante de doctorado en Ciencias, mención: gerencia. Director de Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma del Caribe. mauricio.marquez45@uac.edu.co
- **Beatriz Cardozo Arrieta:** Ingeniera de Materiales, Especialista en Gestión ambiental, Magíster(c) en Ciencias ambientales. Directora Laboratorios. Universidad Autónoma del Caribe. beatriz.cardozo@uac.edu.co

- **Armando Robledo Acosta:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de producciones y operaciones, Magíster en Ingeniería Mecánica, Doctor en Ciencias, mención: gerencia. Decano Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Caribe. arobledo@uac.edu.co
- **Ricardo Alberto Chegwin Hillebrand:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Gerencia de producción y operaciones, magíster en Sistemas de gestión. Docente de planta del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma del Caribe. ricardo.chegwin@uac.edu.co

---

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)