

# **Adopción de la Iniciativa CDIO en los Planes de Estudio de las Carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCSC**

**Claudia Martínez**

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Bío-Bío, Chile, cmartinez@ucsc.cl

**Marcia Muñoz**

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Bío-Bío, Chile, marciam@ucsc.cl

**Cristian Cárdenas**

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Bío-Bío, Chile, ccardenas@ucsc.cl

**Manuel Cepeda**

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Bío-Bío, Chile, mcepeda@ucsc.cl

## **ABSTRACT**

This work presents a preliminary self-evaluation of the adoption of the CDIO Initiative standards in the UCSC School of Engineering's programs. A curriculum design process for these programs was started in 2008, and its learning-outcome based design complies with the UCSC Formative Model and the CDIO Model. In 2011, the implementation phase was begun, along with its evaluation and monitoring mechanisms. This work presents evidence so as to determine the preliminary level of achievement and CDIO standards compliance. This exercise is vitally important to detect design and/or implementation weaknesses, contributing to the programs' continuous improvement. From this self-evaluation, we conclude that the highest achievement levels are associated to the conception and design phases of the curricular renovation process, while the implementation and operation phases are still at a beginning stage.

**Keywords:** Engineering education, CDIO, active learning, program evaluation.

## **RESUMEN**

Este trabajo presenta una auto-evaluación preliminar de la adopción de los estándares de la Iniciativa CDIO en los planes de estudio de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCSC. En el año 2008, estos planes iniciaron su proceso de renovación curricular con un diseño basado en resultados de aprendizaje de acuerdo al Modelo Formativo de la UCSC y el modelo CDIO. A partir del año 2011, se inicia su implementación y junto con ello mecanismos de monitoreo y evaluación. Para dar cuenta del cumplimiento de los estándares se muestran evidencias que determinan el nivel preliminar de logro alcanzado. Este ejercicio es de vital importancia para detectar oportunamente debilidades del diseño y su implementación, contribuyendo así al mejoramiento continuo de los planes de estudio. De esta auto-evaluación se concluye que los mayores niveles de logro están asociados a la concepción y diseño del proceso de renovación curricular de los planes y la implementación y operación aun están en un nivel incipiente de logro.

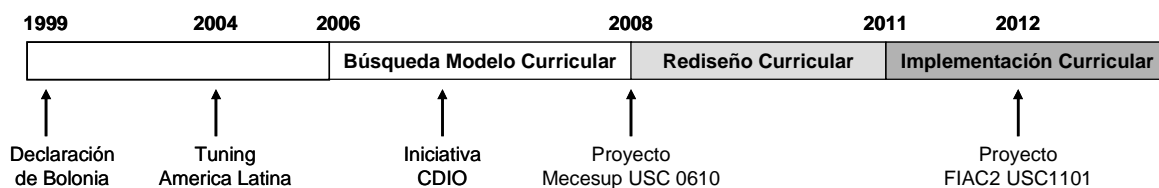
**Palabras claves:** Educación en ingeniería, CDIO, aprendizaje activo, evaluación plan de estudios.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la última década ha habido un creciente interés por proponer modelos educativos que se ajusten a las necesidades del mundo moderno, y han surgido muchos movimientos, teorías, enfoques, declaraciones y acuerdos entre los distintos actores relevantes al proceso educativo. Entre ellos, a partir de la Declaración de Bolonia en

1999, Europa inicia un proceso que busca definir un marco de referencia común para la educación superior. En el año 2004, se inicia el proyecto Tuning América Latina, basado en el enfoque europeo, que busca avanzar en los procesos de reforma curricular basados en competencias. A su vez, el gobierno de Chile impulsó reformas curriculares en educación superior inspiradas en estos nuevos enfoques a través de su programa MECESUP (Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación).

A mediados de la década pasada, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santísima Concepción (UCSC) inició un proceso de renovación curricular para lo cual se estudiaron diferentes modelos aplicados a la disciplina. Esto incluyó modelos basados en competencias como el de la Universidad de Deusto (España), y el de la Université de Sherbrooke (Canadá). Por otro lado, también se estudiaron modelos basados en resultados de aprendizaje como el propuesto por la Iniciativa CDIO (Crawley et al., 2011), modelos de aprendizaje basado en proyectos como el de Olin College, y otros basados además en aprendizaje-servicio como los de Northeastern University y Bentley University (Estados Unidos). En el año 2008, la Facultad de Ingeniería de la UCSC, con el apoyo del programa MECESUP (Proyecto MECESUP USC0610), comenzó un proceso de renovación curricular de sus planes de estudio basado en el modelo CDIO (Loyer *et al.*, 2011). Se eligió este modelo porque fue creado especialmente para ingeniería y se enfoca en la reforma del currículum, los métodos de enseñanza y aprendizaje, evaluación de aprendizaje, experiencias de diseño e implementación, y la creación de laboratorios y espacios de trabajo adecuados. Esta reforma además se acogió al nuevo Modelo Formativo de la UCSC (Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2009). Este modelo está centrado en la persona humana y se organiza en torno a cuatro ejes orientadores: a) un currículum basado en resultados de aprendizaje y competencias; b) un proceso de enseñanza centrado en el estudiante; c) una formación centrada en el diálogo entre fe y razón y coherencia ética; d) una integración de la actividad académica con la sociedad. En el año 2011, esta reforma curricular inicia su fase de implementación en 5 carreras de Ingeniería: Civil, Industrial, Informática, Logística y Biotecnología Acuícola. En el año 2012, la Facultad de Ingeniería se adjudica un proyecto FIAC (Fondo de Innovación Académica) del Ministerio de Educación (Proyecto FIAC2 USC1101). Este proyecto ha permitido principalmente fortalecer el cuerpo académico dedicado a la formación en ciencias básicas y habilitar espacios de aprendizaje adecuados a las metodologías de aprendizaje activo. La figura 1 muestra un cronograma del proceso antes descrito.



**Figura 1: Cronograma del Proceso**

## 2. INICIATIVA CDIO

La Iniciativa CDIO (Concebir-Diseñar-Implementar-Operar) define un marco educativo orientado a la formación en ingeniería que promueve el aprendizaje de conceptos fundamentales de la disciplina al igual que el desarrollo de competencias genéricas personales, interpersonales y propias de la ingeniería para concebir, diseñar, implementar y operar productos y sistemas en un contexto empresarial y social. Estas competencias están definidas en el CDIO Syllabus (Crawley, 2007), las cuales han sido revisadas y ampliadas recientemente para incluir habilidades asociadas a roles esperados en los ingenieros, como son el liderazgo y el emprendimiento (Crawley et al., 2011).

Este marco formativo incluye 12 estándares, que son un conjunto de buenas prácticas que guían y facilitan el rediseño curricular y fomentan la mejora continua de los planes de estudio en ingeniería (CDIO, 2010). En la sección 3 se describe cómo la Facultad de Ingeniería de la UCSC ha adoptado estos estándares en el diseño de la renovación curricular de sus planes de estudio y a su vez se realiza una auto-evaluación preliminar del nivel de logro en su implementación (Brodeur and Crawley, 2005).

### 3. ADOPCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DEL CDIO

#### 3.1 ÉSTANDAR 1

**CDIO COMO CONTEXTO:** Contexto para la educación en ingeniería es el desarrollo del ciclo de vida de un producto, proceso o sistema y su correspondiente despliegue. Concebir-Diseñar-Implementar-Operar es un modelo del ciclo de vida completo de un producto, proceso o sistema. En la tabla 1 se muestra la rúbrica propuesta para medir el nivel de logro de este estándar.

**Tabla 1: Rúbrica para el Estándar 1**

Nivel	Criterio
5	Grupos de evaluación reconocen que CDIO es el contexto del plan de estudios de ingeniería y utiliza este principio como una guía para el mejoramiento continuo.
4	Existe evidencia documentada que el principio CDIO es el contexto del plan de estudios de ingeniería y está totalmente implementado.
3	Se adopta CDIO como contexto para un plan de estudios de ingeniería y se ha implementado en uno o más años del plan.
2	Existe un plan explícito de transición a un contexto CDIO para un plan de estudios de ingeniería.
1	Se reconoce la necesidad de adoptar el principio que CDIO es el contexto de educación en ingeniería y se ha iniciado un proceso para su adopción.
0	No existe un plan para adoptar el principio que CDIO es el contexto de educación en ingeniería en el plan de estudios.

Los planes de estudios renovados declaran explícitamente que consideran la iniciativa CDIO como contexto, cuyo énfasis está en proporcionar un marco para la práctica de la disciplina de la ingeniería y estimular el interés de los estudiantes para reforzar su motivación en el campo de estudio. Los objetivos del plan se centran también en el desarrollo de habilidades personales e interpersonales, esenciales para el desarrollo profesional de los estudiantes. En estas declaraciones queda definido cómo los perfiles de egreso tributan al modelo formativo y como consecuencia a la misión y visión institucional. De acuerdo a la escala de evaluación del estándar, se puede indicar que se está en el nivel 3, debido a que la implementación se encuentra iniciando el tercer año de los planes de estudio.

#### 3.2 ÉSTANDAR 2

**RESULTADOS DE APRENDIZAJE:** Resultados de aprendizaje específicos y detallados para habilidades personales e interpersonales, y habilidades de construcción de producto, proceso y sistema, así como conocimiento de la disciplina, consistentes con los objetivos del plan de estudios y validados por las partes interesadas en éste.

**Tabla 2: Rúbrica para el Estándar 2**

Nivel	Criterio
5	Grupos de evaluación revisan periódicamente los resultados de aprendizaje del plan de estudios, basándose en posibles cambios en las necesidades de las partes interesadas.
4	Los resultados de aprendizaje del plan de estudios están alineados con la visión y misión institucionales, y se han fijado niveles de competencia para cada resultado.
3	Los resultados de aprendizaje del plan de estudios son validados con partes interesadas claves, tales como profesores, alumnos, exalumnos y representantes de la industria.
2	Se establece un plan para incorporar declaraciones explícitas de los resultados de aprendizaje del plan de estudios.
1	Se reconoce la necesidad de crear o modificar los resultados de aprendizaje del plan de estudios, y se inicia dicho proceso.
0	No existen resultados de aprendizaje explícitos del plan de estudios que cubran conocimientos, habilidades personales e interpersonales, y de construcción de producto, proceso y sistema.

Cada uno de los planes de estudios de las carreras adscritas a la Iniciativa CDIO definió sus resultados de aprendizaje en base a encuestas y focus groups con los distintos grupos de interés que indicaron la relevancia que le atribuían a los conocimientos disciplinares, habilidades y destrezas que el CDIO Syllabus sugiere para la formación de ingenieros (CDIO, 2004). A su vez, cada programa de asignatura declara los resultados de aprendizaje que desarrolla a nivel de conocimientos disciplinares y a nivel de habilidades y destrezas personales, interpersonales y propios del ejercicio profesional. De esta forma, queda explícito cómo cada asignatura aporta al perfil de egreso de cada carrera y a la misión y visión institucional. Hasta ahora, la revisión de los resultados de aprendizaje definidos en los programas tiene una periodicidad variable y relacionada con el proceso de acreditación de cada carrera (Comisión Nacional de Acreditación Chile, 2007). Por lo anterior, es posible situarnos en el nivel 4 de la escala.

### 3.3 ÉSTANDAR 3

**CURRÍCULUM INTEGRADO:** Un currículo diseñado con cursos disciplinares que colaboran entre sí, con un plan explícito de integración de habilidades personales e interpersonales, y habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.

**Tabla 3: Rúbrica para el Estándar 3**

Nivel	Criterio
5	Las partes interesadas revisan periódicamente el currículum integrado y hacen recomendaciones y ajustes, de acuerdo a la necesidad.
4	Existe evidencia que las habilidades personales e interpersonales, y las habilidades de construcción de producto, proceso y sistema son abordadas en todos los cursos responsables de su implementación.
3	Las habilidades personales e interpersonales, y las habilidades de construcción de producto, proceso y sistema están integradas en uno o más años del currículum.
2	Los grupos de interés apropiados aprueban un currículum que integra el aprendizaje de la disciplina, de las habilidades personales e interpersonales, y de las habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.
1	Se reconoce la necesidad de analizar el currículum y se comienza la identificación de los resultados de aprendizaje asociados a la disciplina y a las habilidades.
0	No hay integración de habilidades ni colaboración entre disciplinas en el programa.

Los planes de estudios de la Facultad de Ingeniería contemplan experiencias de aprendizaje integradoras de la disciplina, con habilidades personales e interpersonales, así como también entregan herramientas para la concepción, diseño, implementación y operación de productos y procesos en sus líneas profesionales de asignaturas. Un ejemplo de ello corresponde a proyectos integradores que se ejecutan en distintos momentos del plan de estudio, prácticas profesionales, proyectos de título y cursos de integración de saberes definidos en el marco curricular de la UCSC que tienen por objetivo experiencias de aprendizaje multidisciplinario. Considerando que estos planes llevan sólo dos años de implementación, nos situamos en el nivel 3 de la escala.

### 3.4 ÉSTANDAR 4

**INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA:** Un curso introductorio que entrega un marco de referencia para la práctica de la ingeniería en la construcción de producto, proceso y sistema, y que introduce habilidades personales e interpersonales esenciales.

Los planes de estudios incorporan una asignatura introductoria a la especialidad que tiene por objetivo conocer el rol profesional del ingeniero, conocer el contexto de Concebir-Diseñar-Implementar a través de proyectos simples que permiten desarrollar habilidades de trabajo en equipo y comunicación oral y escrita (Muñoz, et al., 2012). El diseño de estos cursos se basó, originalmente, en las experiencias recogidas en la carrera de Ingeniería Civil de la Université de Sherbrooke (Johns, 2006). A partir de la realimentación recibida semestralmente por estudiantes y docentes, a través de encuestas y comentarios escritos, se proponen mejoras a las actividades curriculares con el fin de lograr los resultados de aprendizaje. De acuerdo a la escala de evaluación en la aplicación de este estándar, es posible situarse en un nivel 5.

**Tabla 4: Rúbrica para el Estándar 4**

Nivel	Criterio
5	El curso introductorio es revisado y evaluado periódicamente, en base a realimentación de los estudiantes, instructores y otras partes interesadas.
4	Existe evidencia documental que los estudiantes han logrado los resultados de aprendizaje esperados del curso de introducción a la ingeniería.
3	Se ha implementado un curso de introducción que incluye experiencias de aprendizaje de ingeniería y que introduce habilidades personales e interpersonales esenciales.
2	Se ha aprobado un plan para un curso de introducción a la ingeniería que presenta un marco de referencia para la práctica de la ingeniería.
1	Se reconoce la necesidad de un curso de introducción a la ingeniería que entregue un marco de referencia para la práctica de la ingeniería, y se da comienzo a un proceso para suplir esta necesidad.
0	No existe un curso de introducción a la ingeniería que entregue un marco de referencia para la práctica de la ingeniería y que introduzca habilidades claves.

### 3.5 ESTÁNDAR 5

**EXPERIENCIAS DE DISEÑO/IMPLEMENTACIÓN:** Un curriculum que incluye dos o más experiencias de diseño e implementación, incluyendo una de nivel básico y una de nivel avanzado.

**Tabla 5: Rúbrica para el Estándar 5**

Nivel	Criterio
5	Las experiencias de diseño e implementación son revisadas y evaluadas periódicamente, en base a realimentación de los estudiantes, instructores y otras partes interesadas.
4	Existe evidencia documental que los estudiantes han logrado los resultados de aprendizaje esperados de las experiencias de diseño e implementación.
3	Se están implementando al menos dos experiencias de diseño e implementación de niveles crecientes de complejidad.
2	Existe un plan para desarrollar experiencias de diseño e implementación de niveles básico y avanzado.
1	Se ha realizado un análisis de necesidades para identificar oportunidades de inclusión de experiencias de diseño e implementación en el currículum.
0	El programa de ingeniería no posee experiencias de diseño e implementación.

Los planes de estudio de ingeniería, de acuerdo a lo establecido por el sistema de acreditación chileno (Comisión Nacional de Acreditación Chile, 2007), incorporan actividades curriculares orientadas al desarrollo de ciencias básicas, ciencias de la ingeniería y de la especialidad. En general, éstas se incorporan en el currículo en ese mismo orden, lo que retrasa el desarrollo de los resultados de aprendizaje propios de la especialidad. En la reforma curricular de la Facultad de Ingeniería de la UCSC esto se trató de mejorar incorporando proyectos de dificultad crecientes desde el primer año y hasta el término de la carrera, que culmina con un proyecto de título donde el estudiante debe dar cuenta del nivel de logro de su perfil de egreso. En los proyectos iniciales, los estudiantes deben ser capaces de concebir y diseñar soluciones a problemáticas simples, las que se van complejizando en la medida que progresa en el plan y el diseño y la implementación pasan a tomar una importancia mayor. Progresivamente también se espera una mayor integración de los aprendizajes, lo que se explicita en el currículo a través de cursos donde se desarrollan proyectos integradores que, en general, se ubican en la mitad del proceso formativo y en sus últimos niveles. Dado el avance en la implementación de los programas, consideramos estar en un nivel 3 de la escala de evaluación.

### 3.6 ESTÁNDAR 6

**ESPACIOS DE TRABAJO DE INGENIERÍA:** Espacios de trabajo en ingeniería y laboratorios que apoyen e incentiven el aprendizaje práctico de la construcción de producto, proceso y sistema, el conocimiento de la disciplina y el aprendizaje social.

**Tabla 6: Rúbrica para el Estándar 6**

Nivel	Criterio
5	Grupos de evaluación revisan periódicamente el impacto y efectividad de los ambientes de trabajo para el aprendizaje y emiten recomendaciones sobre cómo mejorarlos.
4	Los ambientes de trabajo en ingeniería apoyan todos los componentes del aprendizaje práctico, de conocimientos y de habilidades.
3	Existen planes en proceso de implementación y ya se están utilizando algunos espacios nuevos o remodelados.
2	Los planes de remodelación o construcción de ambientes adicionales de trabajo en ingeniería han sido aprobados.
1	Se reconoce la necesidad de espacios de trabajo en ingeniería que apoyen el aprendizaje práctico, de conocimientos y de habilidades, y se ha dado comienzo a un proceso para atender esta necesidad.
0	Los espacios de trabajo en ingeniería son inadecuados o inapropiados para apoyar e incentivar el aprendizaje práctico, de conocimientos y de habilidades.

Los espacios de aprendizaje existentes en la UCSC, en general, estaban orientados a una enseñanza tradicional. Con el proyecto MECESUP USC0610 se habilitaron nuevos espacios para trabajo colaborativo y se acondicionaron otros a las nuevas necesidades metodológicas. El proyecto FIAC2 USC1101 y otros aportes externos han permitido habilitar seis nuevos laboratorios de ingeniería. Esto incluye tres laboratorios genéricos, principalmente para las experiencias de física básica y aplicada y equipamiento para laboratorio de geología, laboratorio de instrumentación electrónica y laboratorio de termodinámica y termotecnia. Están habilitados con mobiliario adecuado para el trabajo en equipo y el desarrollo de experiencias interactivas. En cuanto al equipamiento, se ha adquirido material de alto nivel para los cursos de física básica e instrumentación. Por otro lado, se han elaborado equipos ad-hoc para experiencias de aprendizaje específicas. Adicionalmente, el proyecto permitirá duplicar a corto plazo la actual infraestructura tecnológica de la Facultad. Dado lo anterior, estamos en el nivel 3 de la escala de evaluación.

### 3.7 ÉSTANDAR 7

**EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE INTEGRADO:** Experiencias de aprendizaje integrado que llevan a la adquisición de conocimiento de la disciplina, así como de habilidades personales e interpersonales, y habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.

**Tabla 7: Rúbrica para el Estándar 7**

Nivel	Criterio
5	Los cursos son revisados e evaluados periódicamente respecto a la integración de sus resultados de aprendizaje y sus actividades.
4	Existe evidencia del impacto de las experiencias de aprendizaje integrado a través del currículum.
3	Se implementan experiencias de aprendizaje integrado en cursos a través del currículum.
2	Se han aprobado programas de cursos cuyos resultados de aprendizaje y actividades integran habilidades personales e interpersonales con el conocimiento de la disciplina.
1	Los programas de curso han sido analizados con respecto al plan de currículum integrado.
0	No hay evidencia de aprendizaje integrado de disciplinas y habilidades.

Todos los cursos de los planes de estudios tienen asociados resultados de aprendizaje cognitivos y de desarrollo de habilidades personales y/o interpersonales. Además, la existencia de asignaturas tipo proyecto en diversos momentos de los planes de estudio permiten una formación integrada y en un claro contexto de ingeniería. Por otro lado, el proyecto FIAC2 USC1101 ha permitido crear una unidad de aprendizaje-servicio para fomentar el aprendizaje en un contexto real y coordinar las actividades con los socios comunitarios. Debido a que este centro está sólo iniciando su actividad no se cuenta con mediciones sobre el impacto de las experiencias de aprendizaje

integrado. Además, los proyectos integradores están ubicados en la segunda mitad de los planes de estudios. Dado lo anterior, nos situamos en el nivel 3 de la escala de evaluación.

### 3.8 ESTÁNDAR 8

**APRENDIZAJE ACTIVO:** Enseñanza y aprendizaje basados en métodos de enseñanza activa a través de la experiencia.

**Tabla 8: Rúbrica para el Estándar 8**

Nivel	Criterio
5	Grupos de evaluación revisan periódicamente el impacto de métodos de aprendizaje activo y emiten recomendaciones para su mejora.
4	Existe evidencia documental del impacto de los métodos de aprendizaje activo en el aprendizaje de los estudiantes.
3	Se están implementado métodos de aprendizaje activo a través del currículum.
2	Existe un plan para incluir métodos de aprendizaje activo en cursos a través del currículum.
1	Hay conciencia de los beneficios del aprendizaje activo, y se está evaluando la aplicación de métodos de aprendizaje activo en el currículum.
0	No hay evidencia de métodos de aprendizaje activo a través de la experiencia.

El Modelo Formativo de la UCSC impulsa un aprendizaje centrado en el estudiante (Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2009) lo que es coherente con el estándar 8 del CDIO. En la reforma curricular de la Facultad de Ingeniería, las metodologías activas se han incorporado fuertemente en los cursos de primer año para todos sus planes. Esto se logró con un plan de capacitación fuertemente apoyado por el Centro de Innovación y Desarrollo Docente (CIDD) (Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2012). Sin embargo, a medida que se avanza en la implementación de los planes de estudios, las capacitaciones han tenido una progresión más lenta (Cárdenas, 2013). Las evaluaciones de la aplicación de metodologías activas en cursos de primer año tales como discusión en grupos pequeños, demostraciones, laboratorios, estudio de casos, y aprendizaje basado en problemas y proyectos muestran una valoración positiva de parte de los estudiantes sobre la utilidad de las técnicas en relación a sus aprendizajes (Muñoz et al., 2012). Aún no se dispone de datos cuantitativos sobre el real interés de los docentes en la utilización de estas mismas en el aula. Tampoco se ha evaluado el impacto de la efectividad de los métodos de aprendizaje activo. Dado lo anterior, nos situamos en un nivel 3 de la escala de evaluación del estándar.

### 3.9 ESTÁNDAR 9

**CAPACITACIÓN DE DOCENTES EN CDIO:** Acciones que mejoran la competencia docente en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.

**Tabla 9: Rúbrica para el Estándar 9**

Nivel	Criterio
5	Se evalúa y actualiza periódicamente la competencia docente en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.
4	Existe evidencia que el cuerpo académico es competente en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.
3	El cuerpo académico participa en actividades de desarrollo docente en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.
2	Existe un plan sistemático de desarrollo docente en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.
1	Se ha realizado un estudio de evaluación y análisis de las necesidades de competencia docente.
0	No existen programas o actividades prácticas para mejorar la competencia docente en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de producto, proceso y sistema.

Previo a la renovación curricular, en los planes de estudio existía una clara especialización entre los docentes de cátedra, práctica y laboratorio. Sin embargo, en los nuevos planes, producto de la incorporación del aprendizaje activo, los docentes han debido involucrarse en las diversas actividades prácticas para lo cual se han capacitando progresivamente en TICs especializadas a la disciplina. Esto ha sido notorio en la enseñanza de las matemáticas y estadística y en los cursos de introducción a la ingeniería. En este estándar sólo nos encontramos en el nivel 1 de la escala de evaluación.

### 3.10 ÉSTANDAR 10

**CAPACITACIÓN PEDAGÓGICA DE DOCENTES:** Acciones que mejoran la competencia docente en la entrega de experiencias de aprendizaje integrado, en el uso de métodos de aprendizaje activo a través de la experiencia, y en la evaluación del aprendizaje de los estudiantes.

**Tabla 10: Rúbrica para el Estándar 10**

Nivel	Criterio
5	Se evalúa y actualiza periódicamente la competencia docente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
4	Existe evidencia que el cuerpo académico es competente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
3	El cuerpo académico participa en actividades de desarrollo docente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
2	Existe un plan sistemático de desarrollo docente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
1	Se ha realizado un estudio de evaluación y análisis de las necesidades de competencia docente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
0	No existen programas o actividades prácticas para mejorar la competencia docente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

A nivel institucional, para apoyar las reformas curriculares impulsadas por el Modelo Formativo de la UCSC, la institución creó el CIDD, un centro de apoyo al desarrollo de competencias pedagógicas, el cual realiza un programa de certificación que incluye cinco competencias pedagógicas: Diseño de curso basado en resultados de aprendizaje; Metodologías para desarrollar resultados de aprendizaje; Evaluación de resultados de aprendizajes; Uso de TIC para potenciar el aprendizaje; y Comunidades Docentes (Cárdenas, 2013). Cada una de estas capacitaciones incluye un taller, la implementación guiada y monitoreada en un curso específico durante el semestre y finalmente un ensayo. A la fecha se han capacitado gradual y progresivamente alrededor de un 50% de los docentes de la Facultad. Dado el nivel de avance y cobertura de estas capacitaciones, nos encontramos en el nivel 3 de la escala de evaluación.

### 3.11 ÉSTANDAR 11

**EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE:** Evaluación del aprendizaje del alumno en habilidades personales e interpersonales, y en la construcción de producto, proceso y sistema, así como en el conocimiento de la disciplina.

**Tabla 11: Rúbrica para el Estándar 11**

Nivel	Criterio
5	Grupos de evaluación revisan periódicamente el uso de métodos de evaluación de aprendizaje y emiten recomendaciones para su mejora.
4	Los métodos de evaluación de aprendizaje son utilizados eficazmente en cursos a través del curriculum.
3	Se han implementado métodos de evaluación de aprendizaje a través del curriculum.
2	Existe un plan para incorporar métodos de evaluación de aprendizaje a través del curriculum.
1	Se reconoce la necesidad de mejorar el uso de métodos de evaluación de aprendizaje, y se está evaluando su uso actual.
0	Los métodos de evaluación del aprendizaje son inadecuados o inapropiados.



Diversos mecanismos de evaluación se han incorporando progresivamente en la medida en que los docentes se han capacitando en CIDD en la competencia pedagógica “Evaluación de Resultados de Aprendizaje”. Dentro de estos mecanismos de evaluación se encuentran los exámenes tradicionales (escrito u orales) para la evaluación de contenidos disciplinares, evaluaciones formativas para la evaluación de habilidades personales y rúbricas específicas para evaluar habilidades interpersonales y propias del CDIO. Además se han propuestos modelos de evaluación de actividades curriculares de los planes de estudios (Cárdenas, 2012). Dada las evidencias anteriores nos encontramos en el nivel 3 de la escala de evaluación.

### 3.12 ÉSTANDAR 12:

**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA CDIO:** Un sistema que evalúa planes de estudio con respecto a los doce estándares, y entrega realimentación a los estudiantes, docentes y otras partes interesadas para fines de mejoramiento continuo.

**Tabla 12: Rúbrica para el Estándar 12**

Nivel	Criterio
5	El mejoramiento continuo y sistemático se basa en resultados de la evaluación del plan de estudios provenientes de múltiples fuentes y recogidas mediante múltiples métodos.
4	Los métodos de evaluación del plan de estudios están siendo usados eficazmente con todas las partes interesadas.
3	Se están implementando métodos de evaluación del plan de estudios a través del programa para recoger datos de los estudiantes, académicos, líderes del plan, exalumnos y otros actores relevantes.
2	Existe un plan de evaluación del plan de estudios.
1	La necesidad de evaluación del plan de estudios es reconocida y se está realizando una evaluación comparativa de los métodos de evaluación.
0	La evaluación del plan de estudios es inadecuada o inconsistente.

Actualmente, se han incorporado en todos los planes de estudio evaluaciones de los resultados de aprendizaje a nivel de asignatura de los dos primeros años de implementación de la renovación curricular, y en algunos planes se observan evaluaciones en líneas troncales de especialidad. Para complementar la revisión continua del plan de estudios asociada a los procesos de acreditación, se han propuesto modelos de monitoreo del perfil de egreso (Cárdenas, 2012). Al mismo tiempo, a nivel institucional, se está desarrollando un modelo que permita monitorear el logro del perfil de egreso en distintas instancias del itinerario formativo. Dadas las evidencias anteriores, nos encontramos en el nivel 3 de la escala.

## 4. CONCLUSIONES

La auto-evaluación preliminar del cumplimiento de los estándares de la Iniciativa CDIO en los planes de estudio de la Facultad de Ingeniería de la UCSC evidencia que sólo en un estándar existe conciencia de la necesidad de adoptarlo y existe un proceso para ello (nivel 1). En ocho de sus estándares la implementación del proceso de renovación curricular se encuentra en marcha a través de componentes de los planes de estudio (nivel 3). En dos de sus estándares, existe evidencia documentada de una completa implementación del estándar a través de componentes de los planes (nivel 4). Sólo el estándar 4, Introducción a la Ingeniería, se encuentra en el máximo nivel de logro (nivel 5) dado que evidencia revisiones regulares que permiten un mejoramiento continuo. Esto probablemente se debe a que la implementación de los planes de estudio se encuentran iniciando su tercer año y este componente del plan ha tenido la oportunidad de ejecutarse más veces y los mecanismos de evaluación han sido efectivos. Finalmente, se puede concluir que los mayores niveles de logro están asociados a la concepción y diseño del proceso de renovación curricular de los planes de estudio y la implementación y operación aun están en un nivel incipiente de logro.

## REFERENCIAS

- Brodeur, D., and Crawley, E. (2005). "Program evaluation aligned with the CDIO Standards", *Proceedings of ASEE-05*, Portland, Oregon.
- Cárdenas, C., Cepeda, M., Martínez, C. and Muñoz, M. (2012). "Modelo de evaluación de actividades curriculares de un plan de estudios basado en resultados de aprendizaje y competencias", *Proceedings of XXV Congress of the Chilean Engineering Education Society (SOCHEDI)*, Antofagasta.
- Cárdenas, C., Martínez, C. and Muñoz, M. (2013). "Bringing Active Learning into Engineering Curricula: Creating a Teaching Community", *Proceedings of the 9th International CDIO Conference*, MIT and Harvard University, Cambridge, MA.
- CDIO (2004). The CDIO Standards. <http://www.cdio.org/implementing-cdio/standards/12-cdio-standards>.
- CDIO (2010). The CDIO Standards v2.0 (with customized rubrics). <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/cdio-standards-v-20-customized-rubrics>.
- Comisión Nacional de Acreditación Chile (2007). "Criterios de evaluación para carreras de Ingeniería", <http://www.cnachile.cl/wp-content/uploads/2010/07/ingenieria.pdf>. (2007).
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S. and Brodeur, D. (2007). "Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach". Springer Sciences + Business Media LLC, New York.
- Crawley, E., Jianzhong, C., Malmqvist, J. and Brodeur, D. (2008). "The Context in Engineering Education". *Proceedings of the 4th International CDIO Conference*, Hogeschool Gent, Gent, Belgium.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W. and Brodeur, D. (2011). "The CDIO Syllabus v2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education". *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Copenhagen.
- Johns, K. (2006). "An Integrative First Year Civil Engineering Course: Initiation à la pratique professionnelle", *Proceedings of the International Conference on Innovation, Good Practice and Research in Engineering Education (EE2006)*, Liverpool, UK, pp 399-404.
- Loyer S., Muñoz, M., Cardenas, C., Martínez, C., Cepeda, M. and Faúndez, V. (2011). "A CDIO approach to curriculum design of five engineering programs at UCSC", *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Copenhagen.
- Muñoz M., Martínez, C., Cárdenas, C. and Cepeda, M. (2012). "Active Learning in first-year engineering courses at Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile", *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*, Queensland University of Technology, Brisbane.
- Universidad Católica de la Santísima Concepción. (2009). "Modelo formativo basado en resultados de aprendizaje y competencias de la universidad", Decreto de rectoría 88.
- Universidad Católica de la Santísima Concepción. (2012). "Creación e instalación del Centro de Innovación y Desarrollo Docente en la Universidad Católica de la Santísima Concepción", Memoria 2010-2012.

### **Authorization and Disclaimer**

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*