



## ESTÁNDARES CDIO v. 2.0

(con rúbricas personalizadas)

08 de diciembre de 2010

### Antecedentes

En el mes de octubre del año 2000, se lanzó un importante proyecto internacional con el objetivo de reformar la educación de pregrado en ingeniería. Este proyecto, llamado la *Iniciativa CDIO*, se ha ido ampliando hasta abarcar hoy día programas de ingeniería en todo el mundo; esta Iniciativa pretende proporcionar a los alumnos una formación que ponga énfasis en los fundamentos de la ingeniería, enmarcándolos en el contexto de Concebir-Diseñar-Implementar-Operar sistemas, productos y servicios del mundo real. La Iniciativa CDIO tiene tres objetivos generales –formar alumnos que sean capaces de:

1. Dominar un profundo conocimiento operativo de los fundamentos técnicos.
2. Ser líderes en la creación y la operación de nuevos productos y sistemas.
3. Comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad.

La Iniciativa CDIO genera una serie de recursos que cada programa de estudios puede adaptar e implementar para alcanzar estos objetivos. Estos recursos promueven y se basan en un currículum organizado alrededor de disciplinas que se apoyan unas a otras y que están entrelazadas con experiencias de aprendizaje relacionadas con habilidades personales e interpersonales y con habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas. Los alumnos reciben una educación rica en experiencias de diseño-implementación y en aprendizaje activo y experiencial; este aprendizaje tiene lugar tanto en la sala de clases como en espacios de trabajo y aprendizaje más modernos. En este documento se ofrece uno de estos recursos, los Estándares CDIO. Para más información acerca de la Iniciativa CDIO, visite <http://www.cdio.org>.

### Los Estándares CDIO

En enero del año 2004, la Iniciativa CDIO adoptó 12 estándares para describir los programas CDIO. Estos principios rectores se redactaron a modo de respuesta a las inquietudes manifestadas por directores de programas de ingeniería, ex-alumnos y socios vinculados a la industria que querían saber cómo pueden reconocerse los programas CDIO y a los egresados de éstos. Y así, como resultado, los Estándares CDIO definen los rasgos que permiten distinguir un programa CDIO, sirven como directrices para la reforma y la evaluación de programas educacionales, generan puntos de referencia y metas que pueden aplicarse internacionalmente, y proporcionan un marco para la mejora continua. Estos estándares también pueden ser usados como marco de referencia a efectos de certificación.

Los 12 Estándares CDIO abordan la filosofía del programa (Estándar 1), el desarrollo del currículum (Estándares 2, 3 y 4), las experiencias de diseño-implementación y los espacios de trabajo (Estándares 5 y 6), los métodos de enseñanza y aprendizaje (Estándares 7 y 8), el desarrollo docente (Estándares 9 y 10), y la evaluación (Estándares 11 y 12). Cada estándar se presenta con una descripción, una fundamentación y una rúbrica.

**Descripción.** La descripción presenta detalladamente el enunciado del estándar, explicando su significado. Define algunos términos importantes y aporta información sobre los antecedentes.

**Fundamentación.** La fundamentación pone de relieve las razones para la adopción del estándar. Estas razones se basan en investigaciones procedentes del ámbito de la educación y

en las experiencias prácticas llevadas a cabo en los ámbitos de la ingeniería y la educación superior que han tenido los mejores resultados. La fundamentación explica en qué aspectos ese estándar en particular hace que el enfoque CDIO sea diferente a otros intentos de reforma educacional.

**Rúbrica.** Una rúbrica es una pauta o guía de puntuación que pretende evaluar niveles de desempeño. La rúbrica de los Estándares CDIO es una escala de calificación de seis puntos que se usa para medir el nivel de cumplimiento del estándar. Los criterios de cada nivel se basan en la descripción y la fundamentación del estándar. La rúbrica hace hincapié en la naturaleza de las diversas evidencias que indican cumplimiento en cada nivel. Las rúbricas que se presentan en este documento son jerárquicas, es decir que cada nivel sucesivo incluye los niveles anteriores o más bajos. Por ejemplo, el Nivel 5, que apunta al proceso continuo de mejora, supone que el Nivel 4 ya ha sido alcanzado.

### **Auto-evaluación de cumplimiento**

La evaluación del cumplimiento de los Estándares CDIO es un proceso de auto-reporte. Un determinado programa de ingeniería reúne sus propias evidencias y utiliza las rúbricas para calificar su estatus con respecto a cada uno de los 12 estándares CDIO. Si bien las rúbricas están personalizadas para cada estándar, todas ellas siguen el patrón de la siguiente rúbrica general.

#### *Rúbrica General:*

Escala Criterios

5	Las evidencias relacionadas con el estándar se revisan regularmente y se usan para hacer mejoras.
4	Hay evidencias documentadas de la completa implementación y del impacto del estándar en los diferentes componentes e integrantes del programa.
3	La implementación del plan para abordar el estándar está en funcionamiento entre los diferentes componentes e integrantes del programa.
2	Existe un plan en marcha para abordar el estándar.
1	Hay conciencia de la necesidad de adoptar el estándar y existe un proceso en marcha para llegar a abordarlo.
0	No existe planificación documentada o ninguna actividad relacionada con el estándar.

En un documento adjunto se facilitan ejemplos de evidencias correspondientes a los diferentes niveles de cumplimiento de cada Estándar CDIO, extraídos de los informes de los programas CDIO presentados en 2005 y en 2008.

## **Estándar 1 – El Contexto**

**Adopción del principio de que el desarrollo y la utilización –Concebir, Diseñar, Implementar y Operar– del ciclo vital completo de productos, procesos y sistemas constituyen el contexto necesario para la formación en ingeniería.**

*Descripción:* Un programa CDIO se basa en el principio de que el desarrollo y la utilización de productos, procesos y sistemas constituyen el contexto apropiado para la formación en ingeniería. *Concebir-Diseñar-Implementar-Operar* es un modelo del ciclo vital completo del producto, proceso o sistema. La etapa *Concebir* comprende definir las necesidades del cliente; considerar la tecnología, la estrategia empresarial y las regulaciones; y, por último, desarrollar el plan conceptual, el plan técnico y el plan de negocio. La etapa *Diseñar* se centra en la creación del diseño, esto es, los planos, representaciones y algoritmos que describen lo que será después implementado. La etapa *Implementar* se refiere a la transformación del diseño en el producto, proceso o sistema, incluyendo su manufactura, codificación, testeo y validación. Y la última etapa, *Operar*, se refiere a la utilización el producto o proceso implementado para entregar el resultado esperado; esta etapa incluye el mantenimiento, el perfeccionamiento y el retiro final del sistema.

El ciclo vital del producto, proceso o sistema se considera el contexto adecuado para la formación en ingeniería dado que es parte del marco cultural o entorno en el que se enseñan, practican y aprenden el conocimiento técnico y otras habilidades. Se considera que un programa adopta este principio cuando existe un acuerdo explícito entre los académicos para realizar la transición a un programa CDIO y un apoyo por parte de los líderes del programa para respaldar las iniciativas de reforma.

*Fundamentación:* los ingenieros que recién comienzan su desarrollo profesional deberían ser capaces de Concebir-Diseñar-Implementar-Operar complejos productos, procesos y sistemas de ingeniería con valor añadido, y de hacerlo en entornos modernos de trabajo, basados en equipos. Deberían ser capaces de participar en procesos y contribuir al desarrollo de productos de ingeniería, y de hacerlo cumpliendo los estándares profesionales de cualquier organización. Ésta es la esencia de la profesión de la ingeniería.

### *Rúbrica:*

Escala Criterios

5	Los grupos de evaluación reconocen que CDIO es el contexto del programa de ingeniería y usan este principio como guía para la mejora continua.
4	Existen evidencias documentadas de que el principio CDIO es el contexto del programa de ingeniería y ha sido totalmente implementado.
3	CDIO ha sido adoptado como el contexto para el programa de ingeniería y se está implementando en uno o más años del programa.
2	Existe un plan explícito de transición al contexto CDIO para la formación en ingeniería.
1	Se reconoce la necesidad de adoptar el principio de que CDIO es el contexto adecuado para la formación en ingeniería y se ha iniciado un proceso para llegar a abordarlo.
0	No existe ningún plan para adoptar el principio de que CDIO sea el contexto adecuado para la formación en ingeniería.

## **Estándar 2 – Resultados de Aprendizaje**

**Resultados de aprendizaje específicos y detallados, referidos a habilidades personales e interpersonales y a habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, así como al conocimiento de la disciplina, consistentes con los objetivos del programa y validados por todos los actores del programa.**

*Descripción:* El conocimiento, las habilidades y las actitudes que se esperan como resultado de la formación en ingeniería –esto es, los resultados de aprendizaje– están codificados en el

*Syllabus CDIO*. Estos resultados de aprendizaje detallan lo que los alumnos deberían saber y ser capaces de hacer al finalizar el programa de ingeniería. Además de los resultados de aprendizaje vinculados al conocimiento técnico y disciplinario (Sección 1), el *Syllabus CDIO* especifica resultados de aprendizaje relacionados con habilidades personales e interpersonales y con habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas. Los resultados de aprendizaje personales (Sección 2) apuntan al desarrollo afectivo y cognitivo de los estudiantes, por ejemplo, el razonamiento propio de la ingeniería y la resolución de problemas, la experimentación y el descubrimiento del conocimiento, el pensamiento sistémico, el pensamiento creativo, el pensamiento crítico y la ética profesional. Los resultados de aprendizaje interpersonales (Sección 3) apuntan a las interacciones personales y grupales, tales como el trabajo en equipo, el liderazgo, la comunicación en la lengua propia y la comunicación en lenguas extranjeras. Las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas (Sección 4) apuntan a concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en un contexto empresarial, comercial o social.

Los resultados de aprendizaje son revisados y validados por los actores principales del programa, o sea, por las partes interesadas, teniendo en cuenta su coherencia con los objetivos del programa y su relevancia para la práctica profesional de la ingeniería. Alentamos a los diferentes programas a que personalicen el *Syllabus CDIO* de acuerdo a sus respectivas características. Por otra parte, las partes interesadas también pueden ayudar a determinar el nivel esperado de competencia, o nivel de logro, para cada resultado de aprendizaje.

*Fundamentación:* Establecer resultados de aprendizaje específicos contribuye a la tarea de asegurar que los estudiantes adquieran una base apropiada para su futuro. Además, diversas organizaciones profesionales de ingenieros y representantes de la industria han identificado los atributos clave que se esperan de los ingenieros que comienzan su carrera, tanto en el área técnica como en el área profesional. Y, por lo demás, muchos organismos de evaluación y acreditación solicitan que los programas de ingeniería identifiquen los resultados de los programas en términos de conocimientos, habilidades y actitudes de sus egresados.

*Rúbrica:*

Escala Criterios

5	Los grupos de evaluación revisan y actualizan regularmente los resultados de aprendizaje del programa, de acuerdo a los cambios en las necesidades de los grupos interesados.
4	Los resultados de aprendizaje del programa están alineados con la misión y la visión institucionales y se han establecido niveles de competencia para cada resultado.
3	Los resultados de aprendizaje del programa han sido validados con los principales grupos interesados, incluyendo académicos, alumnos, ex-alumnos y representantes de la industria.
2	Se ha establecido un plan para incorporar enunciados explícitos de resultados de aprendizaje.
1	Se reconoce la necesidad de crear o modificar los resultados de aprendizaje del programa y se ha iniciado un proceso en esta línea.
0	No existen resultados de aprendizaje explícitos que cubran conocimientos, habilidades personales e interpersonales y habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.

### **Estándar 3 -- Currículum Integrado**

**Un currículum diseñado de manera que los cursos disciplinarios se apoyen unos en otros y en el que existe un plan explícito para integrar las habilidades personales e interpersonales y las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.**

*Descripción:* Un currículum integrado incluye experiencias de aprendizaje que conducen a la adquisición de habilidades personales e interpersonales y de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas (Estándar 2), entrelazadas con el aprendizaje de los

conocimientos de la disciplina y su aplicación en la ingeniería profesional. Los cursos disciplinarios se apoyan unos en otros al hacer conexiones explícitas entre contenidos y resultados de aprendizaje relacionados entre sí. Existe un plan explícito que señala de qué manera se llevarán a cabo la integración de habilidades y las conexiones multidisciplinarias, por ejemplo, mediante el establecimiento de correspondencias entre los resultados de aprendizaje específicos y los cursos y actividades co-curriculares que forman parte del currículum.

*Fundamentación:* La enseñanza de habilidades personales, interpersonales, profesionales y de construcción de productos, procesos y sistemas no debería considerarse como un añadido a un currículum que ya estaba completo, sino como una parte integral de éste. Para alcanzar los resultados de aprendizaje esperados en el conocimiento disciplinario y en las habilidades, el currículum y las experiencias de aprendizaje deben hacer un uso dual del tiempo disponible. Los académicos tienen un papel activo en el diseño del currículum integrado: son ellos quienes sugieren los vínculos disciplinarios apropiados y las oportunidades de abordar ciertas habilidades específicas en sus respectivos ámbitos de docencia.

*Rúbrica:*

Escala Criterios

5	Los actores principales del programa revisan de manera regular el currículum integrado y hacen recomendaciones y ajustes de acuerdo a sus necesidades.
4	Existen evidencias de que las habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas se abordan en todos los cursos responsables de su implementación.
3	Las habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas están integradas en uno o más años del currículum.
2	Las partes interesadas han aprobado un plan curricular que integra el aprendizaje de la disciplina y las habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas.
1	Se reconoce la necesidad de analizar el currículum y se está estableciendo una correspondencia inicial entre resultados de aprendizaje disciplinarios y habilidades.
0	En el programa no existen integración de habilidades ni disciplinas que se apoyen unas en otras.

#### **Estándar 4 – Introducción a la Ingeniería**

**Un curso introductorio que proporciona el marco para la práctica de la ingeniería en la construcción de productos, procesos y servicios y que introduce las habilidades personales e interpersonales básicas.**

*Descripción:* El curso introductorio, que generalmente es uno de los primeros cursos obligatorios en los programas, proporciona el marco para la práctica de la ingeniería. Este marco es un esbozo, a grandes rasgos, de las tareas y responsabilidades de un ingeniero y del uso del conocimiento disciplinario en la ejecución de esas tareas. Los estudiantes se involucran en la práctica de la ingeniería mediante la resolución de problemas y ejercicios simples de diseño, de manera individual y en equipo. El curso incluye también el conocimiento de habilidades personales e interpersonales, habilidades y actitudes que son cruciales al comienzo del programa para poder preparar a los estudiantes para experiencias más avanzadas de construcción de productos, procesos y sistemas. Por ejemplo, los estudiantes pueden participar en grupos pequeños para la realización de ejercicios, a modo de preparación para su participación en equipos de desarrollo más amplios.

*Fundamentación:* Los cursos introductorios tienen como objetivo estimular el interés de los estudiantes y reforzar su motivación por el campo de la ingeniería mediante el énfasis en la aplicación de las disciplinas centrales más relevantes de la ingeniería. Generalmente, los estudiantes eligen las carreras de ingeniería porque quieren construir cosas; los cursos introductorios pueden sacar provecho de ese interés. Asimismo, los cursos introductorios

brindan la oportunidad de un comienzo temprano en el desarrollo de las habilidades básicas descritas en el *Syllabus CDIO*.

*Rúbrica:*

Escala Criterios

5	El curso introductorio es evaluado y revisado regularmente, basándose en la retroalimentación por parte de los alumnos, los profesores y otras partes interesadas.
4	Existen evidencias documentadas de que los estudiantes han logrado los resultados de aprendizaje esperados del curso introductorio.
3	Se ha implementado un curso introductorio que incluye experiencias de aprendizaje de ingeniería y que introduce habilidades personales e interpersonales básicas.
2	Se ha aprobado un plan para implementar un curso de Introducción a la Ingeniería que proporcione un marco para la práctica de la ingeniería.
1	Se reconoce la necesidad de un curso introductorio que proporcione el marco para la práctica de la ingeniería y se ha iniciado un proceso para abordar esa necesidad.
0	No existe ningún curso de Introducción a la Ingeniería que proporcione un marco para la práctica e introduzca las habilidades clave.

## **Estándar 5 – Experiencias de Diseño-Implementación**

**Un currículum que contiene dos o más experiencias de diseño-implementación –al menos, una en un nivel básico y otra en un nivel avanzado.**

*Descripción:* La expresión *experiencia de diseño-implementación* se refiere a una variedad de actividades de ingeniería que son clave para el proceso de desarrollo de nuevos productos y sistemas. Están incluidas aquí, por ejemplo, todas las actividades descritas en el Estándar 1 para las etapas *Diseñar e Implementar*, y también los aspectos propios del diseño conceptual de la etapa *Concebir*. En las experiencias de diseño-implementación integradas en el currículum, los alumnos desarrollan las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, así como la capacidad de aplicación de la ciencia propia de la ingeniería. Las experiencias de diseño-implementación se consideran básicas o avanzadas de acuerdo a su alcance, complejidad y ubicación dentro de la secuencia del programa. Por ejemplo, los productos y sistemas más simples se introducen al principio del programa, mientras que las experiencias de diseño-implementación más complejas aparecen en cursos posteriores, diseñados para ayudar a los estudiantes a integrar los conocimientos y las habilidades adquiridos en cursos y actividades de aprendizaje anteriores. Oportunidades para concebir, diseñar, implementar y operar productos, procesos y sistemas pueden incluirse también en actividades co-curriculares obligatorias como, por ejemplo, en proyectos de investigación de pregrado o en periodos de prácticas profesionales.

*Fundamentación:* Las experiencias de diseño-implementación están estructuradas y secuenciadas para promover el éxito temprano en la práctica de la ingeniería. La iteración de experiencias de diseño-implementación y el aumento del nivel de complejidad en el diseño fortalecen la comprensión del proceso de desarrollo de productos, procesos y sistemas en los alumnos. Las experiencias de diseño-implementación proporcionan, además, una base sólida sobre la que construir una comprensión conceptual más profunda de las habilidades disciplinarias. El énfasis en la construcción de productos y en la implementación de procesos en contextos realistas brinda a los alumnos diversas oportunidades para establecer vínculos entre el contenido técnico que están aprendiendo y sus propios intereses de desarrollo profesional.

### *Rúbrica:*

Escala Criterios

5	Las experiencias de diseño-implementación son evaluadas y revisadas regularmente, basándose en la retroalimentación por parte de los alumnos, los profesores y otras partes interesadas.
4	Existen evidencias documentadas de que los estudiantes han logrado los resultados de aprendizaje esperados de las experiencias de diseño-implementación.
3	Se están implementando, al menos, dos experiencias de diseño-implementación de complejidad creciente.
2	Existe un plan para desarrollar una experiencia de diseño-implementación en un nivel básico y en un nivel avanzado.
1	Se ha llevado a cabo un análisis de necesidades para identificar cuáles son las instancias más oportunas para incluir experiencias de diseño-implementación en el currículum.
0	No existen experiencias de diseño-implementación en el programa de ingeniería.

## **Estándar 6 – Espacios de Trabajo**

**Espacios de trabajo propios de la ingeniería, talleres y laboratorios que apoyan y estimulan el aprendizaje práctico de la construcción de productos, procesos y sistemas, el conocimiento disciplinario y el aprendizaje social.**

*Descripción:* El entorno físico de aprendizaje incluye espacios de aprendizaje tradicionales, por ejemplo, salas de clase, auditorios, salas de conferencia, salas de seminario, pero también talleres de ingeniería y laboratorios. Los talleres y los laboratorios apoyan el aprendizaje de las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas y, simultáneamente, el aprendizaje de los conocimientos disciplinarios. Estos espacios hacen hincapié en un aprendizaje práctico en el que los estudiantes se involucran directamente en su propio aprendizaje y facilitan instancias de aprendizaje social, esto es, escenarios en los que los estudiantes pueden aprender unos de otros e interactuar con diversos grupos. La creación de nuevos espacios de trabajo, o la remodelación de laboratorios ya existentes, dependerá del tamaño del programa y los recursos de la institución.

*Fundamentación:* Los talleres y otros espacios de trabajo que apoyan y estimulan el aprendizaje práctico son recursos fundamentales para aprender a diseñar, implementar y operar productos, procesos y sistemas. Los estudiantes que tienen acceso a herramientas de ingeniería, software y laboratorios modernos tienen oportunidades de desarrollar los conocimientos, las habilidades y las actitudes en las que se basan las competencias de construcción de productos, procesos y sistemas. Estas competencias se desarrollan de manera óptima en espacios de trabajo que estén centrados en el estudiante, que sean fáciles de utilizar por parte del usuario, accesibles e interactivos.

*Rúbrica:*

Escala Criterios

5	Los grupos de evaluación revisan de manera regular la efectividad y el impacto de los espacios de trabajo, talleres y laboratorios en el aprendizaje y elaboran recomendaciones para mejorarlos.
4	Los espacios de trabajo propios de la ingeniería apoyan y estimulan plenamente todos los aspectos del aprendizaje práctico de conocimientos y de habilidades.
3	Se están implementando los planes y algunos espacios, nuevos o remodelados, están ya en uso.
2	Los organismos competentes han aprobado los planes para remodelar o construir espacios de trabajo y talleres de ingeniería adicionales.
1	Se reconoce la necesidad de contar con espacios de trabajo y talleres de ingeniería que apoyen y estimulen actividades de aprendizaje práctico de conocimientos y habilidades y se ha iniciado un proceso para abordar esta necesidad.
0	Los espacios de trabajo o talleres son inadecuados o insuficientes para apoyar y fomentar las habilidades prácticas, los conocimientos y el aprendizaje social.



## **Estándar 7 – Experiencias de Aprendizaje Integrado**

### **Experiencias de aprendizaje integrado que conducen a la adquisición de conocimientos disciplinarios, de habilidades personales e interpersonales y también de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.**

*Descripción:* Las experiencias de aprendizaje integrado son enfoques pedagógicos que promueven, de manera simultánea, el aprendizaje de conocimientos disciplinarios, de habilidades personales e interpersonales y de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas. Incorporan problemas de la ingeniería profesional a contextos donde coexisten con problemas disciplinarios. Por ejemplo, en un mismo ejercicio, los estudiantes pueden considerar el análisis de un producto, el diseño del producto y la responsabilidad social del diseñador del producto. Los socios vinculados a la industria, los ex-alumnos y otros actores clave suelen ser de mucha ayuda para encontrar ejemplos de tales ejercicios.

*Fundamentación:* El diseño del currículum y los resultados de aprendizaje, indicados en los Estándares 2 y 3 respectivamente, sólo pueden llevarse a cabo si existe un enfoque pedagógico acorde que haga un uso dual del tiempo de aprendizaje del alumno. Es más, es muy importante que los alumnos reconozcan a los académicos de ingeniería como modelos de ingenieros profesionales, de los que pueden aprender no sólo los conocimientos de la disciplina, sino también las habilidades personales e interpersonales y las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas. Con las experiencias de aprendizaje integrado, los académicos pueden ser más efectivos en su tarea de ayudar a los estudiantes a aplicar el conocimiento disciplinario a la práctica de la ingeniería y pueden prepararlos mejor para cumplir con las exigencias de su ejercicio profesional.

#### *Rúbrica:*

##### Escala Criterios

5	Se evalúa y revisa de manera regular la integración de resultados de aprendizaje y actividades en los cursos.
4	Existen evidencias del impacto de las experiencias de aprendizaje integrado a lo largo del currículum.
3	Se están implementando experiencias de aprendizaje integrado en diversos cursos a lo largo del currículum.
2	Se han aprobado programas de curso que incluyen resultados de aprendizaje y actividades que unen habilidades personales e interpersonales con conocimientos de la disciplina.
1	Los programas de los cursos han sido revisados a la luz de la planificación del currículum integrado.
0	No existen evidencias de aprendizaje integrado de disciplinas y habilidades.

## **Estándar 8 – Aprendizaje Activo**

### **Enseñanza y aprendizaje basados en métodos de aprendizaje activo y experiencial.**

*Descripción:* Los métodos de aprendizaje activo involucran a los estudiantes directamente en actividades de reflexión y de resolución de problemas. Se da menos relevancia a la transmisión pasiva de información y más a la participación de los alumnos en la manipulación, la aplicación, el análisis y la evaluación de ideas. En los cursos que se basan en cátedras o clases magistrales, el aprendizaje activo puede fomentarse mediante las discusiones en parejas o en pequeños grupos, las demostraciones, los debates, las preguntas que apuntan a conceptos importantes y la retroalimentación por parte de los alumnos acerca de lo que están aprendiendo. El aprendizaje activo se considera experiencial cuando los estudiantes asumen roles que simulan la práctica profesional de la ingeniería, por ejemplo, en proyectos de diseño-Implementación, simulaciones o estudios de casos.

*Fundamentación:* Los alumnos, al estar involucrados en la reflexión sobre ciertos conceptos, particularmente sobre nuevas ideas, y al verse obligados a dar una respuesta abierta, no sólo aprenden más sino que además reconocen por sí mismos qué aprenden y cómo lo aprenden. Este proceso ayuda a incrementar la motivación de los estudiantes para alcanzar los resultados de aprendizaje del programa y ayuda también a crear hábitos de aprendizaje continuo. Con los métodos de aprendizaje activo, los profesores pueden ayudar a sus alumnos a establecer conexiones entre conceptos clave y facilitar la aplicación de este conocimiento a nuevos escenarios.

#### *Rúbrica:*

##### Escala Criterios

5	Los grupos de evaluación revisan de manera regular el impacto de los métodos de aprendizaje activo y elaboran recomendaciones para la mejora continua.
4	Existen evidencias documentadas del impacto de los métodos de aprendizaje activo en el aprendizaje de los estudiantes.
3	Los métodos de aprendizaje activo se están implementando a lo largo del currículum.
2	Existe un plan para incluir los métodos de aprendizaje activo en diversos cursos a lo largo del currículum.
1	Existe conciencia de los beneficios del aprendizaje activo y está en proceso la revisión y comparación de los métodos de aprendizaje activo.
0	No existen evidencias de métodos de aprendizaje activo y experiencial.

## **Estándar 9 – Fortalecimiento de la Competencia de los Académicos**

### **Acciones que fortalecen la competencia de los académicos en habilidades personales e interpersonales y en habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.**

*Descripción:* Los programas CDIO dan apoyo al cuerpo de académicos para mejorar la competencia de éstos en habilidades personales e interpersonales y en habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, descritas en el Estándar 2. Estas habilidades se desarrollan de mejor manera en contextos de práctica profesional de la ingeniería. La naturaleza y el alcance del desarrollo docente varían según los recursos y las intenciones de los distintos programas e instituciones. Algunos ejemplos de acciones que fortalecen la competencia de los académicos son: facilitar permisos o excedencias para trabajar en la industria durante un tiempo, establecer relaciones de colaboración con colegas procedentes de la industria en proyectos de investigación y educación, incluir el ejercicio profesional de la ingeniería como criterio para la contratación de nuevos académicos y el ascenso de los académicos ya contratados, y realizar en la universidad experiencias de desarrollo profesional.

*Fundamentación:* Si se pretende que los académicos enseñen un currículum de habilidades personales e interpersonales y de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, integradas con el conocimiento disciplinario, tal como se describe en los Estándares 3, 4, 5 y 7, entonces los académicos, como colectivo, tienen que ser competentes en esas habilidades. Los profesores de ingeniería suelen ser expertos en la investigación y en la base de conocimiento de sus respectivas disciplinas, pero también suelen tener una experiencia bastante limitada en el ejercicio de la ingeniería en el contexto industrial y comercial. Además, el rápido ritmo de la innovación tecnológica requiere una actualización continua de las habilidades como ingeniero. Los académicos tienen que fortalecer sus conocimientos y habilidades dentro de la ingeniería para poder proporcionar a sus alumnos ejemplos que sean relevantes y también para poder ser modelos de ingenieros contemporáneos.

#### *Rúbrica:*

##### Escala Criterios

5	La competencia de los académicos en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas se evalúa regularmente y se actualiza cuando es necesario.
4	Existen evidencias de que el cuerpo académico es competente en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas.
3	Los miembros del cuerpo académico participan en actividades de desarrollo docente que se enfocan en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas.
2	Existe un plan sistemático de desarrollo docente en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas.
1	Se han llevado a cabo un análisis de necesidades y un estudio evaluativo de las competencias de los académicos.
0	No existen programas o prácticas que fortalezcan las competencias de los académicos en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas.

## **Estándar 10 -- Fortalecimiento de la Competencia Docente de los Académicos**

**Acciones que fortalecen la competencia de los académicos para ofrecer experiencias de aprendizaje integrado, usar métodos de aprendizaje activo y experiencial, y evaluar el aprendizaje de sus alumnos.**

*Descripción:* Un programa CDIO proporciona apoyo a sus académicos para mejorar la competencia de éstos en experiencias de aprendizaje integrado (Estándar 7), en aprendizaje activo y experiencial (Estándar 8) y en evaluación del aprendizaje de los alumnos (Estándar 11). La naturaleza y el alcance de estas prácticas de desarrollo docente variarán de acuerdo a las características de los programas y las instituciones. Algunos ejemplos de acciones que fortalecen la competencia docente de los académicos son: apoyo y fomento de la participación de los académicos en programas de desarrollo docente, tanto dentro de la universidad como fuera de ella, organización de foros donde los académicos puedan compartir ideas y prácticas que hayan tenido buenos resultados, dar relevancia a la evaluación del desempeño docente, y adoptar como criterio para la contratación el uso de métodos de enseñanza efectivos.

*Fundamentación:* Si se pretende que los académicos enseñen y evalúen de una manera diferente, nueva, como se describe en los Estándares 7, 8 y 11, es necesario que se les proporcionen oportunidades de desarrollar y mejorar estas competencias. Muchas universidades tienen servicios y programas de desarrollo docente que pueden colaborar de manera entusiasta con académicos procedentes de programas CDIO. Por otra parte, si los programas CDIO quieren poner un énfasis especial en la importancia de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, deben comprometer los recursos adecuados para el desarrollo docente en estos ámbitos.

### *Rúbrica:*

Escala Criterios

5	La competencia de los académicos en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación se revisa regularmente y se actualiza cuando es necesario.
4	Existen evidencias documentadas de que el cuerpo de académicos es competente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
3	Los miembros del cuerpo académico participan en actividades de desarrollo docente que se enfocan en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
2	Existe un plan sistemático de desarrollo docente en métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.
1	Se han llevado a cabo un análisis de necesidades y un estudio evaluativo de las competencias docentes de los académicos.
0	No existen programas o prácticas que fortalezcan las competencias docentes de los académicos.

## **Estándar 11 – Evaluación del Aprendizaje**

### **Evaluación del aprendizaje de los alumnos tanto en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas como en conocimientos disciplinarios.**

*Descripción:* La evaluación del aprendizaje de los alumnos es la medición del grado que cada alumno alcanza en los resultados de aprendizaje específicos. Generalmente, los profesores realizan esta evaluación en el marco de sus respectivos cursos. La evaluación efectiva del aprendizaje utiliza una variedad de métodos que se corresponden de manera adecuada con los resultados de aprendizaje que apuntan al conocimiento disciplinario y también a las habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y sistemas, tal como se describen en el Estándar 2. Entre estos métodos podemos encontrar, por ejemplo, pruebas orales y escritas, observaciones del desempeño del alumno, escalas de calificación o puntuación, reflexiones de los estudiantes, diarios o bitácoras, portafolios, evaluación entre pares y auto-evaluación.

*Fundamentación:* Si valoramos las habilidades personales e interpersonales y las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, y las incorporamos al currículo y a las experiencias de aprendizaje, entonces debemos contar con procesos de evaluación efectivos para medirlas. Tener categorías diferentes de resultados de aprendizaje requiere tener también métodos de evaluación diferentes. Por ejemplo, los resultados de aprendizaje relacionados con el conocimiento disciplinario pueden ser evaluados mediante pruebas orales o escritas, mientras que aquéllos relacionados con las habilidades de diseño-implementación se pueden medir de una mejor manera mediante observaciones registradas del desempeño de los alumnos. El uso de métodos de evaluación variados se adapta a una gama más amplia de estilos de aprendizaje y, además, aumenta la confiabilidad y la validez de los datos de la evaluación. Como resultado de lo anterior, se podrá determinar el logro que los alumnos han alcanzado en cada resultado de aprendizaje con una mayor confianza y seguridad.

#### *Rúbrica:*

##### Escala Criterios

5	Los grupos de evaluación revisan de manera regular el uso de los métodos de evaluación del aprendizaje y elaboran recomendaciones para la mejora continua.
4	Los métodos de evaluación del aprendizaje se utilizan de manera efectiva en los cursos a lo largo del currículo.
3	Los métodos de evaluación del aprendizaje se han implementado a lo largo del currículo.
2	Existe un plan para incorporar los métodos de evaluación del aprendizaje a lo largo del currículo.
1	Se reconoce la necesidad de mejorar los métodos de evaluación del aprendizaje y se está llevando a cabo la revisión de su uso actual.
0	Los métodos de evaluación del aprendizaje son inadecuados o insuficientes.

## **Estándar 12 – Evaluación del Programa**

**Un sistema que evalúa el programa completo usando estos doce estándares como puntos de referencia y comparación y que entrega retroalimentación a los alumnos, a los académicos y a otros actores involucrados con el objetivo de seguir mejorando de manera continua.**

*Descripción:* La evaluación del programa es un juicio de valor sobre el programa en general, basado en las evidencias de los avances que se hayan realizado en el recorrido hacia la consecución de los objetivos del programa. Un programa CDIO debe ser evaluado con relación a estos 12 Estándares CDIO. Las evidencias para la valoración del programa se pueden reunir a partir de evaluaciones de los cursos, reflexiones de los profesores, entrevistas a alumnos de nuevo ingreso y a alumnos de último año, informes de evaluadores externos y estudios de seguimiento con la participación de egresados y empleadores. Estas evidencias pueden ser compartidas con los académicos, los estudiantes, los administradores del programa, los ex-alumnos y otros actores involucrados. Esta retroalimentación constituye la base sobre la que tomar decisiones acerca del programa y sobre la que fundar los planes de mejora continua.

*Fundamentación:* Una de las funciones clave de la evaluación del programa es determinar la efectividad y la eficiencia del programa en su consecución de los objetivos deseados. Las evidencias reunidas durante el proceso de evaluación del programa sirven también de base para un programa continuo de mejora. Por ejemplo, si en una entrevista a alumnos de último año la mayoría de los estudiantes manifiestan que no fueron capaces de alcanzar algunos resultados de aprendizaje específicos, se podría poner en marcha un plan para identificar la raíz del problema e implementar los cambios necesarios para solucionarlo. Y, por otra parte, se debe tener en cuenta que muchos evaluadores externos y organismos de acreditación exigen una evaluación del programa que sea regular y consistente.

### *Rúbrica:*

Escala      Criterios

5	La mejora continua y sistemática se basa en los resultados de la evaluación del programa, procedentes de fuentes variadas y reunidos mediante múltiples métodos.
4	Los métodos de evaluación del programa se usan de manera efectiva por parte de todos los grupos interesados.
3	Se están implementando los métodos de evaluación del programa en la totalidad de éste, con el objetivo de reunir datos procedentes de los alumnos, los académicos, la dirección del programa, los ex-alumnos y otros grupos involucrados.
2	Existe un plan para llevar a cabo la evaluación del programa.
1	Se reconoce la necesidad de evaluar el programa y se está realizando una revisión y comparación de los métodos de evaluación.
0	La evaluación del programa es inadecuada o inconsistente.