

EVALUACIÓN DEL LOGRO DEL PERFIL DE EGRESO: INGENIERÍA CIVIL INFORMÁTICA E INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL, UCSC

Marcia Muñoz V., Universidad Católica de la Santísima Concepción, marciam@ucsc.cl
Patricio Cea E., Universidad Católica de la Santísima Concepción, patricio.cea@ucsc.cl
Claudia Martínez A., Universidad Católica de la Santísima Concepción, cmartinez@ucsc.cl
Michelle Bizama V., Universidad Católica de la Santísima Concepción, mabizama@ucsc.cl
Helga González T., Universidad Católica de la Santísima Concepción, hgonzalez@ucsc.cl

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación del logro del perfil de egreso de las carreras Ingeniería Civil Informática e Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, en su modalidad Práctica Profesional Tutelada. Esta modalidad de Habilitación Profesional se inicia en la Facultad de Ingeniería el semestre 2016-II para los planes renovados en el año 2011 bajo la *Iniciativa CDIO™*, modelo internacional para la formación de ingenieros. Esta práctica profesional corresponde a la última actividad curricular del plan de estudios y tiene una duración aproximada de un semestre, en la cual los estudiantes se insertan en una organización y realizan actividades propias de su profesión. La evaluación de su desempeño de los estudiantes la realizan los supervisores asignados por la organización, en la mitad del periodo y al final de la práctica. Además, un profesor tutor acompaña el proceso y evalúa su informe final de la práctica. Los resultados de estas evaluaciones se presentan para cada habilidad del *Syllabus CDIO* relevante al perfil de egreso. Los comentarios de las preguntas abiertas sobre fortalezas y debilidades, se mapean a dichas habilidades y se analiza su frecuencia. La implementación de esta modalidad ha demostrado ser exitosa por su aporte a la formación del estudiante, inserción laboral temprana y vinculación con el sector empresarial.

PALABRAS CLAVES: Perfil de egreso, práctica profesional, *Iniciativa CDIO™*, educación en ingeniería.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC) implementó el año 2011 una renovación curricular basada en el modelo educativo institucional y en las buenas prácticas de la *Iniciativa CDIO™* (Loyer et al., 2011). Esta reforma incluyó cinco carreras y fue apoyada por el Ministerio de Educación chileno a través de tres proyectos MECESUP (USC 0610, FIAC USC 1101 y PM USC 1308).

En los planes de estudio renovados, el logro del perfil de egreso se mide en hitos intermedios, a través de proyectos integradores y prácticas, y al final del plan de estudios a través de un Proyecto de Título. Esta instancia de evaluación final corresponde a un proyecto real de ingeniería, que el estudiante desarrolla durante su último semestre con la guía de un profesor de su carrera. En el año 2016, producto de los procesos de mejora continua, la Facultad de Ingeniería amplía las modalidades de esta última actividad curricular, con el objetivo de apoyar a los estudiantes en su inserción laboral o su inserción a programas de postgrado. De esta

forma, comienzan a implementarse tres modalidades de habilitación profesional: Práctica Profesional Tutelada, Proyecto de Investigación en Ingeniería y Proyecto Aplicado de Ingeniería. Todas ellas permiten evaluar el logro del perfil de egreso en contextos reales de ingeniería e investigación aplicada con una visión integradora. Esta innovación curricular ha sido muy bien recibida por los estudiantes y las organizaciones donde éstos se insertan, manifestando un creciente interés por la modalidad de práctica profesional tutelada, que permite una inserción laboral temprana, además de fortalecer los lazos con el sector productivo. En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación del logro del perfil de egreso de esta modalidad para las carreras de Ingeniería Civil Informática e Ingeniería Civil Industrial.

INICIATIVA CDIO™

La *Iniciativa CDIO™* es un marco de educación para ingeniería que tiene como objetivo general contribuir a la formación de las nuevas generaciones de ingenieros. Para alcanzar sus objetivos formativos define un conjunto de recursos que facilitan el diseño de un currículo integrado centrado en el estudiante y la gestión curricular. Dentro de los recursos disponibles en este marco de trabajo están el *Syllabus CDIO* (Crawley, 2001) y 12 *Estándares CDIO* (Crawley et al., 2007; Crawley et al., 2011; Bennedsen, 2015).

El *Syllabus CDIO* es un conjunto de conocimientos y habilidades relevantes para la formación de ingenieros, las cuales se organizan en cuatro dimensiones que además se han especificado hasta en cuatro niveles de profundidad. En la Tabla N° 1 se muestran los dos primeros niveles para las cuatro dimensiones: conocimiento y razonamiento disciplinario; habilidades y atributos personales y profesionales; habilidades interpersonales y habilidades propias de la ingeniería para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar productos, procesos y sistemas en un contexto empresarial, social y ambiental (Crawley et al., 2001; Crawley et al., 2007; Crawley et al., 2011).

Tabla N° 1: Niveles 1 y 2 del Syllabus CDIO V2.0

Nivel 1	Nivel 2
1. Conocimiento y razonamiento disciplinario	1.1 Conocimiento de matemáticas y ciencias básicas 1.2 Conocimiento de fundamentos de ciencias de la ingeniería 1.3 Conocimiento avanzado de fundamentos, métodos y herramientas de ingeniería
2. Habilidades y atributos personales y profesionales	2.1 Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.2 Experimentación, investigación y descubrimiento de conocimientos 2.3 Pensamiento crítico 2.4 Actitudes, pensamiento y aprendizaje 2.5 Ética, equidad y otras responsabilidades
3. Habilidades interpersonales: Trabajo en equipo y comunicación	3.1 Trabajo en equipo 3.2 Comunicación 3.3 Comunicación en idiomas extranjeros
4. Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en el contexto empresarial, social y ambiental	4.1 Contexto externo, social y ambiental 4.2 Contexto empresarial y de negocios 4.3 Concebir, ingeniería y administración de sistemas 4.4 Diseñar 4.5 Implementar 4.6 Operar 4.7 Liderazgo en ingeniería 4.8 Emprendimiento

En la Tabla N° 2 se muestran los 12 Estándares CDIO que guían el diseño curricular y fomentan la mejora continua de los planes de estudio en ingeniería. Cada estándar incluye una descripción, fundamentación y rúbrica de evaluación de su nivel de desempeño (Brodeur & Crawley, 2005; CDIO, 2010; Bennedsen, 2015). los estándares y su orientación temática.

Tabla N° 2: Estándares CDIO

Estándar	Orientación temática
1. CDIO como contexto	Filosofía del programa
2. Resultados de aprendizaje	Fundamentos del currículo
3. Currículo integrado	
4. Introducción a la ingeniería	
5. Experiencias de diseño implementación	Metodologías de aprendizaje centradas en el estudiante
6. Espacios de trabajo	
7. Experiencias de aprendizaje integrado	
8. Aprendizaje activo	
9. Fortalecimiento de la competencia de los académicos	Desarrollo académico
10. Fortalecimiento de la competencia docente de los académicos	
11. Evaluación del aprendizaje	Evaluación
12. Evaluación del programa CDIO	

PERFILES DE EGRESO

Los perfiles de egreso de las carreras se definieron durante el proceso de renovación curricular realizado por la Facultad de Ingeniería en el año 2011 (Loyer et al., 2011), considerando el Modelo Educativo institucional basado en competencias y resultados de aprendizaje, y la validaron interna y externamente por todos los grupos de interés. A continuación, se presentan dichos perfiles, que se detallan en los respectivos planes de estudio de las carreras.

Perfil Ingeniería Civil Informática: *Profesional capaz de proponer soluciones que promuevan el mejoramiento continuo en el entorno organizacional, ya sea liderando o integrando equipos multi-disciplinarios, a través del análisis, diseño e implementación de herramientas tecnológicas y de gestión de la información. Profesional íntegro y comprometido que manifiesta claras competencias para enfrentar situaciones reales y tomar decisiones de forma rigurosa, informada, autónoma y coherente con los principios éticos y valóricos. Mostrar alta capacidad de adaptación frente a los cambios tecnológicos y del entorno empresarial, social y cultural.*

Perfil Ingeniería Civil Industrial: *Profesional con una sólida formación disciplinar en: ciencia básica, ciencias de la ingeniería, análisis estadístico de datos, gestión de recursos humanos, planificación y gestión de negocios, investigación y gestión de operaciones, gestión de la producción y de servicios, evaluación técnica/económica de proyectos de inversión. Profesional con capacidad de análisis estructurado y una visión sistémica que le permiten modelar y resolver problemas complejos en contextos diversos. Su visión integradora del saber humano y de las organizaciones le permite compatibilizar en sus decisiones las perspectivas social, técnica, económica y ambiental, y hacer una evaluación prospectiva del impacto de las mismas a corto, mediano y largo plazo. Profesional motivado por el perfeccionamiento continuo, que se comunica de forma efectiva y es capaz de liderar equipos de trabajo multidisciplinarios. Formación ética basada en valores cristianos y una sólida vocación de servicio a favor del progreso de la sociedad y del bien común.*

CUMPLIMIENTO DEL PERFIL DE EGRESO

Las carreras tienen definidos mecanismos de seguimiento del avance del logro del perfil de egreso a lo largo del itinerario formativo, siendo el último hito de evaluación la Habilitación Profesional.

Habilitación profesional

Corresponde a la última actividad curricular de los programas de pregrado de la Facultad de Ingeniería, donde el estudiante concibe soluciones a problemas reales, las diseña, implementa y opera. El objetivo de esta actividad es integrar las competencias y habilidades declaradas en el perfil de egreso de los estudiantes y verificar individualmente el nivel de logro de los resultados de aprendizaje comprometidos en su plan de estudios. Esta habilitación profesional se ofrece en tres modalidades: Práctica Profesional Tutelada, Proyecto de Investigación en Ingeniería o Proyecto Aplicado de Ingeniería, que el estudiante podrá escoger previa validación de una Comisión de Evaluación.

Práctica Profesional Tutelada: *Corresponde a una práctica profesional entre 700 y 800 horas realizadas en una organización. Cada estudiante es supervisado y evaluado en la organización por un profesional de un área afín y por un profesor de la carrera. Incluye una evaluación intermedia y una evaluación final del desempeño del estudiante en relación al perfil de egreso.*

Proyecto de Investigación en Ingeniería: *Corresponde a una investigación que el estudiante realiza con la guía de un profesor, donde aplica las competencias adquiridas y es evaluado considerando los principales resultados obtenidos, que presenta en un artículo científico.*

Proyecto Aplicado de Ingeniería: *Corresponde a un proyecto real de ingeniería realizado con la guía de un profesor, donde el estudiante aplica las competencias adquiridas y es evaluado considerando los resultados obtenidos, que presenta en un documento de proyecto de título.*

En este trabajo nos centraremos en los resultados obtenidos en la modalidad Práctica Profesional Tutelada. La Fig. 1 muestra las instancias de evaluación de dicha práctica. La primera instancia corresponde a la evaluación que realiza una comisión sobre la propuesta de práctica que presenta la organización. Esta comisión se compone por profesores del área, que revisan la pertinencia de la propuesta y duración de la práctica. Una vez aprobada dicha propuesta se formaliza con una carta de compromiso de la organización y se emite la carta del seguro escolar, necesario para habilitar la permanencia del estudiante en la organización. En la mitad del periodo de práctica, el supervisor realiza una evaluación intermedia del desempeño del estudiante en relación a las habilidades CDIO declaradas en el perfil de egreso. Esta realimentación formal ayuda al estudiante a identificar los aspectos a mejorar en su desempeño. Al final de la práctica, el supervisor vuelve a evaluar el desempeño del estudiante en los mismos términos anteriores. La última instancia de evaluación es un informe final de práctica donde el estudiante describe su trabajo y reflexiona sobre cómo se potenció su perfil de egreso con su práctica profesional. Este informe es revisado por el profesor tutor que acompaña todo el proceso. Cabe destacar que una vez evaluada la práctica, el estudiante egresa de su plan de estudios y opta a su título profesional mediante un examen de título. En dicho examen el estudiante presenta el trabajo realizado en su práctica y es evaluado por una comisión constituida por el profesor tutor y el supervisor en la organización.



Figura N° 1. Instancias de evaluación de la Práctica Profesional Tutelada

Instrumentos de evaluación de la práctica profesional tutelada

La evaluación intermedia y final realizada por los supervisores consiste en una encuesta donde se evalúa el desempeño del estudiante para las habilidades CDIO relevante a su perfil de egreso, que se muestran en la Tabla N° 3. El nivel de logro de éstas habilidades se evaluó con una escala de Likert que contempla cinco niveles: *Deficiente*, *Insuficiente*, *Suficiente*, *Bueno* y *Excelente*. Además, se incluyó la categoría *No observado*, para los casos en que la habilidad no fue relevante para el trabajo realizado y por lo tanto el supervisor no tiene una opinión. Ambas evaluaciones incluían además preguntas abiertas sobre las fortalezas y debilidades del estudiante. Además, en la evaluación final se consulta al supervisor si contrataría al estudiante en su organización y si recibiría otro estudiante en esta misma modalidad.

Tabla N° 3: Conocimientos y habilidades del Syllabus CDIO relevantes a los perfiles de egreso.

1. Conocimiento y razonamiento disciplinario	1.1 Conocimiento de matemáticas y ciencias básicas	
	1.2 Conocimientos básicos de los fundamentos de las ciencias de la ingeniería	
	1.3 Conocimientos avanzados de los fundamentos, métodos y herramientas de la ingeniería	
2. Personales y profesionales	2.1 Razonamiento analítico y resolución de problemas	2.1.1 Identificación y formulación de problemas
		2.1.2 Modelamiento
		2.1.5 Solución y recomendaciones
	2.2 Experimentación, investigación y descubrimiento de conocimientos	2.2.2 Búsqueda de información
	2.3 Pensamiento crítico	2.3.1 Pensamiento holístico
		2.3.2 Comportamiento de sistemas
		2.3.3 Priorización y foco
	2.4 Actitudes, pensamiento y aprendizaje	2.4.1 Toma de decisiones
		2.4.2 Flexibilidad y perseverancia
		2.4.4 Pensamiento crítico
		2.4.6 Educación continua
		2.4.7 Administración del tiempo y recursos
2.5 Ética, equidad y otras responsabilidades	2.5.1 Ética y responsabilidad social	
	2.5.2 Conducta profesional	
	2.5.3 Proactividad	
3. Habilidades Interpersonales	3.1 Trabajo en Equipo	3.1.2. Equipos efectivos
		3.1.3. Operación de equipos
		3.1.4. Liderazgo
	3.2 Comunicación	3.2.3. Comunicación escrita
		3.2.4. Comunicación multimedia
		3.2.6. Presentaciones orales
4. Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en el contexto empresarial, social y ambiental	4.3 Concebir, ingeniería y administración de sistemas	
	4.4 Diseñar	
	4.5 Implementar	
	4.6 Operar	

RESULTADOS

Ingeniería Civil Informática

En la Fig. 2 se presentan los resultados de las evaluaciones intermedias realizadas por los supervisores de la empresa a los estudiantes de Ingeniería Civil Informática en relación a las habilidades CDIO declaradas en el perfil de egreso. Los resultados corresponden a 30 estudiantes que realizaron sus prácticas profesionales tuteladas desde el semestre 2017-I al 2018-I. En la Fig. 3 se muestran los resultados de la evaluación final de los supervisores en relación a las mismas habilidades. Al comparar los resultados de ambas evaluaciones se puede observar que sobre un 83% de los estudiantes fue evaluado con un desempeño bueno o

excelente en todas las habilidades CDIO del perfil de egreso. También se observa una mejora significativa entre la evaluación intermedia y la final. Si bien en ambas evaluaciones algunas habilidades presentan una valoración insuficiente, estas corresponden a un sólo caso.

Las Fig. 4 y Fig. 5 muestran un estudio de frecuencia de las fortalezas y debilidades de los estudiantes, mencionadas en los comentarios de los supervisores a las preguntas abiertas incluidas en la evaluación intermedia y final, respectivamente. Estas fortaleza y debilidades se mapean a las habilidades CDIO, y determina su frecuencia de ocurrencia. Al comparar los resultados, se observa un aumento en las fortalezas y una superación de las debilidades, siendo ésta más moderada para el caso de la comunicación efectiva (CDIO 3.2). Cabe destacar que también se consulta a los supervisores de la organización si en el futuro recibiría a otro estudiante en práctica y si contrataría al estudiante supervisado. En ambos casos, las respuestas son favorables con un 100% y 97% respectivamente. A la fecha, un tercio de los estudiantes han sido contratados por la organización luego de su titulación.

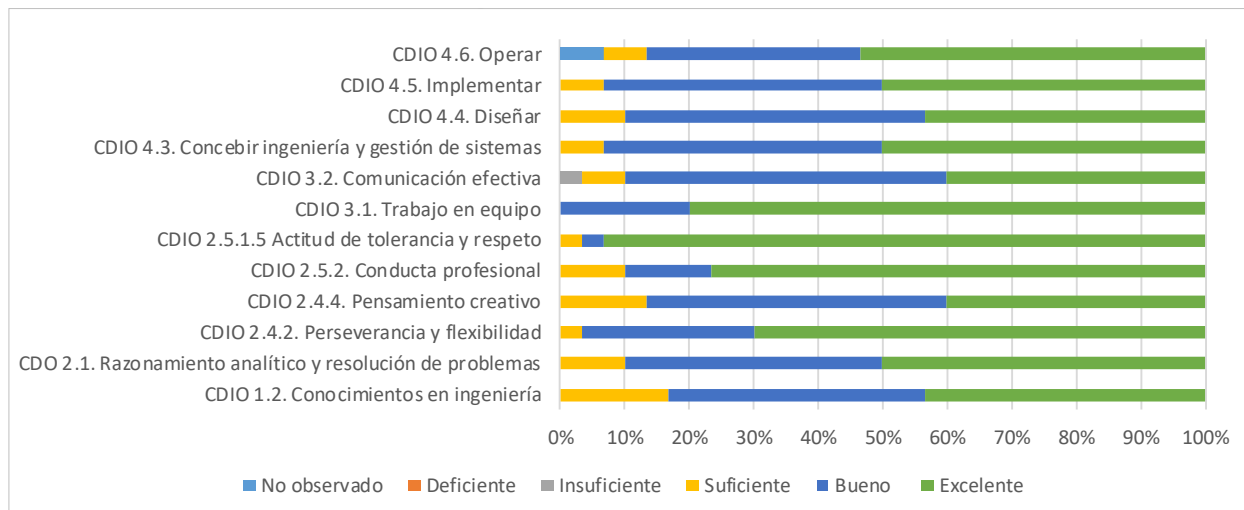


Figura N° 2. Evaluaciones intermedias Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Informática

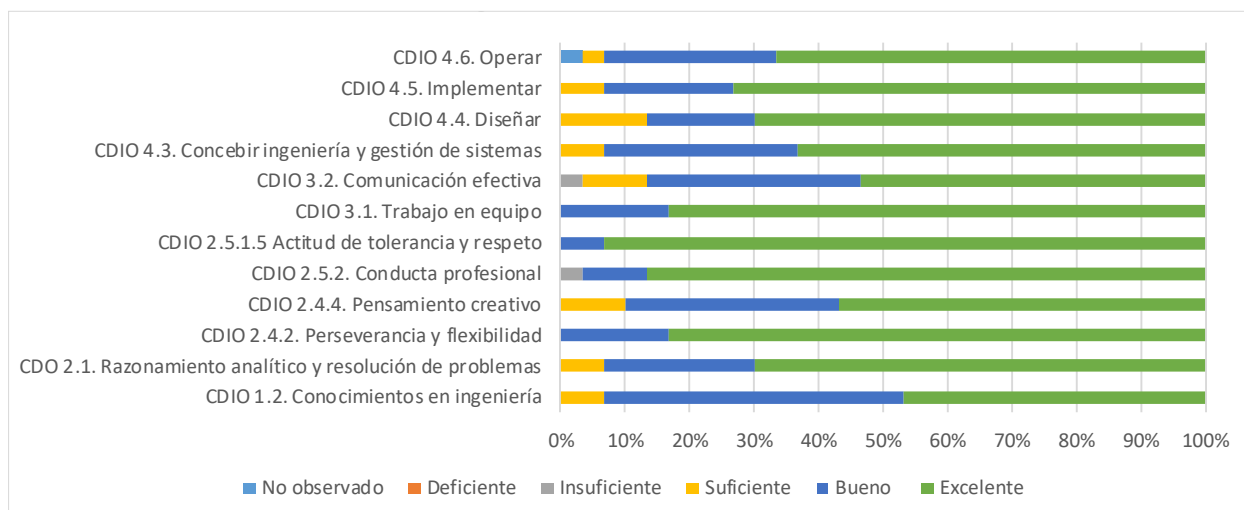


Figura N° 3. Evaluaciones Finales Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Informática

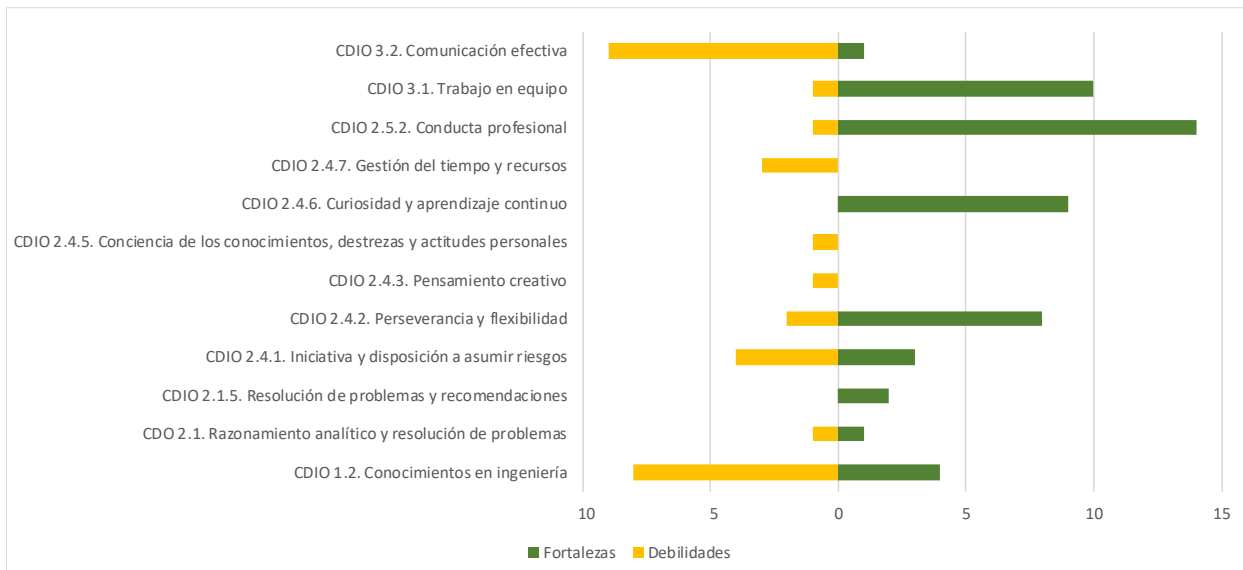


Figura N° 4. Frecuencia de fortalezas y debilidades en los comentarios de las evaluaciones Intermedias Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Informática

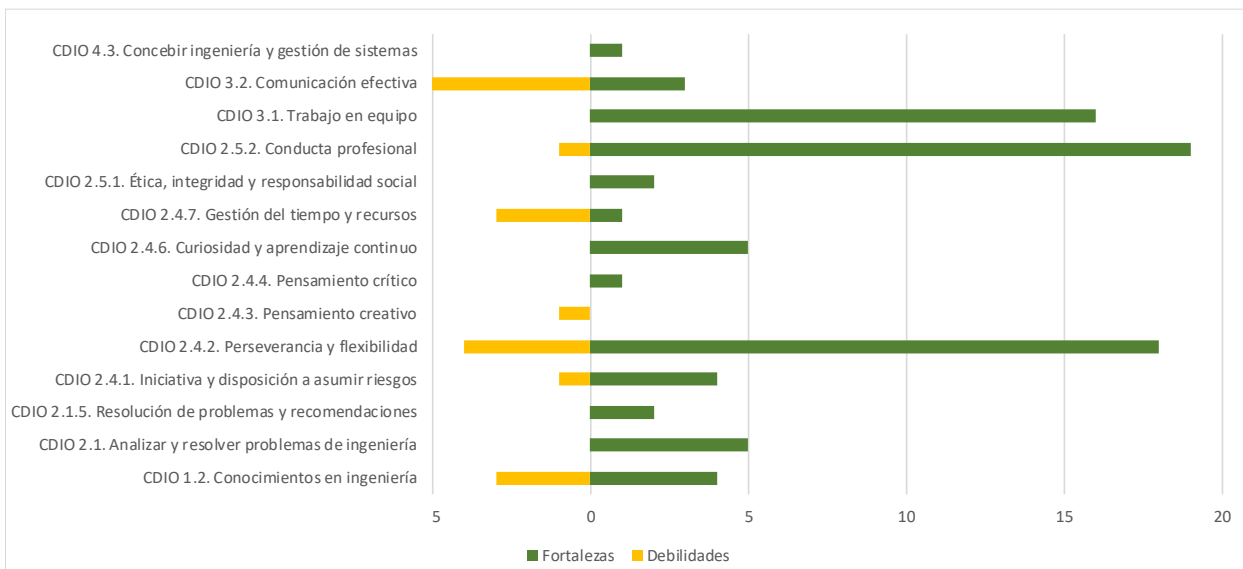


Figura N° 5. Frecuencia de fortalezas y debilidades en los comentarios de las evaluaciones Finales Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Informática

Ingeniería Civil Industrial

En las Fig. 6 y Fig. 7 se presentan los resultados de las evaluaciones intermedias y finales realizadas por los supervisores a los estudiantes de Ingeniería Civil Industrial. Estas evaluaciones son una realimentación de los supervisores al desempeño de los estudiantes en relación a la mayoría de las habilidades CDIO declaradas en su perfil de egreso. Los resultados corresponden a 68 estudiantes que realizaron sus prácticas profesionales tuteladas desde el

semestre 2016-II al semestre 2018-I. Al comparar los resultados de ambas evaluaciones se puede observar que en la evaluación intermedia sobre un 84% de los estudiantes fue evaluado con un desempeño bueno o excelente y en la evaluación final sobre el 90%. En forma similar a Ingeniería Civil Informática, se observa una mejora significativa del desempeño de los estudiantes entre la evaluación intermedia y final.

Las Fig. 8 y Fig. 9 muestran el análisis de la frecuencia de los comentarios mapeados a las habilidades CDIO sobre las fortalezas y debilidades de los estudiantes en la evaluación intermedia y final, respectivamente. En forma similar a Ingeniería Civil Informática, los resultados muestran una superación importante de las debilidades y aumento en la frecuencia de las fortalezas, siendo la Comunicación efectiva (CDIO 3.2) la que requiere más atención. Además, en estas preguntas abiertas el 98% de los supervisores indicaron que recibirían otro estudiante en práctica de la carrera y el 96% que contrataría al estudiante supervisado.

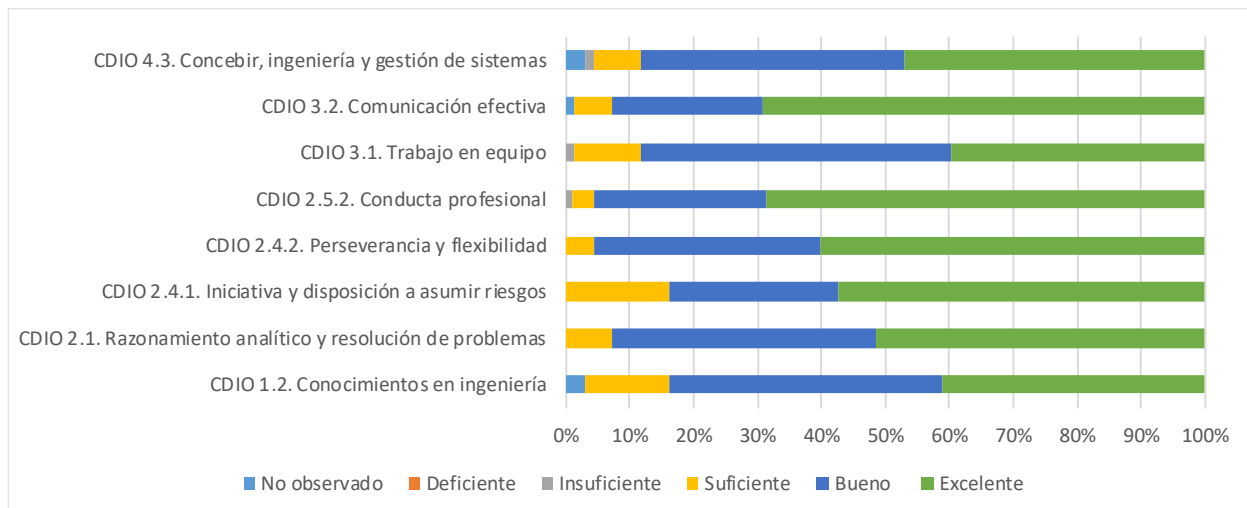


Figura N° 6. Evaluaciones intermedias Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Industrial

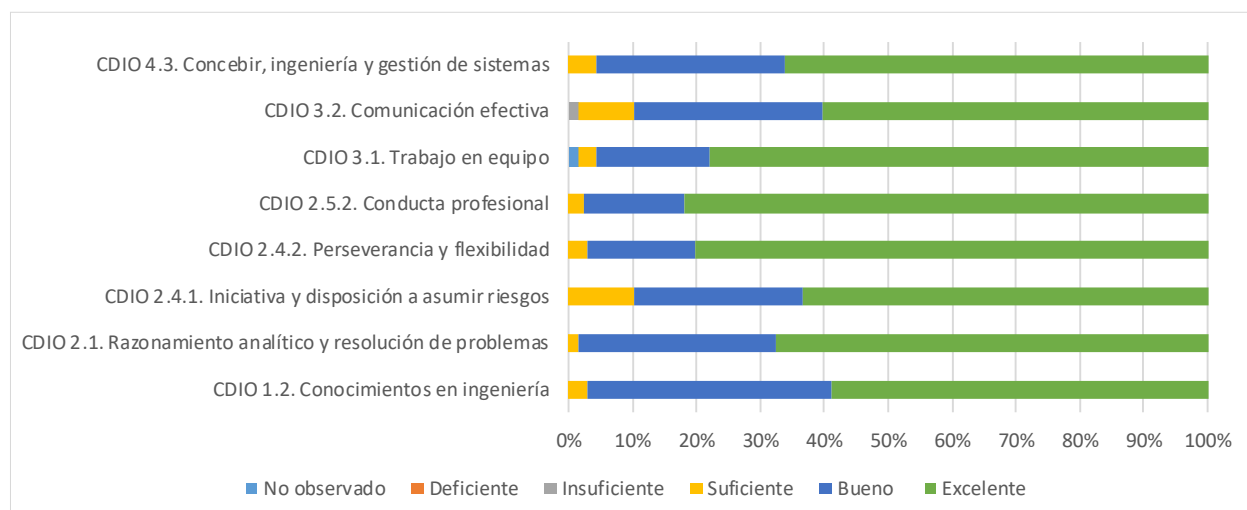


Figura N° 7. Evaluaciones Finales Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Industrial

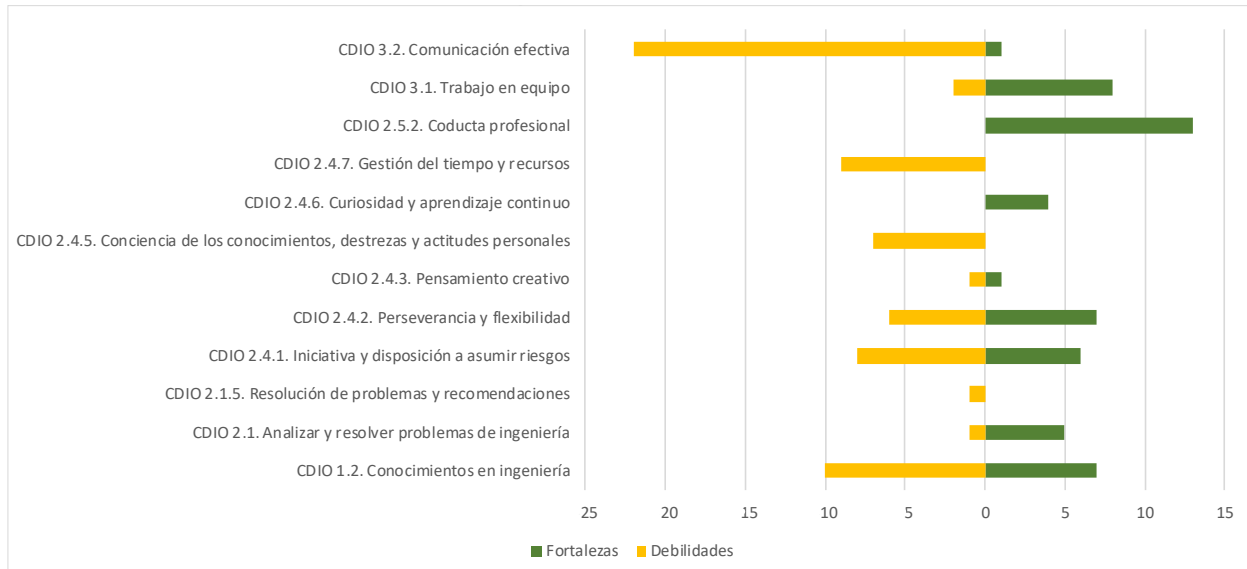


Figura N° 8. Frecuencia de fortalezas y debilidades en los comentarios de las evaluaciones Intermedias Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Industrial

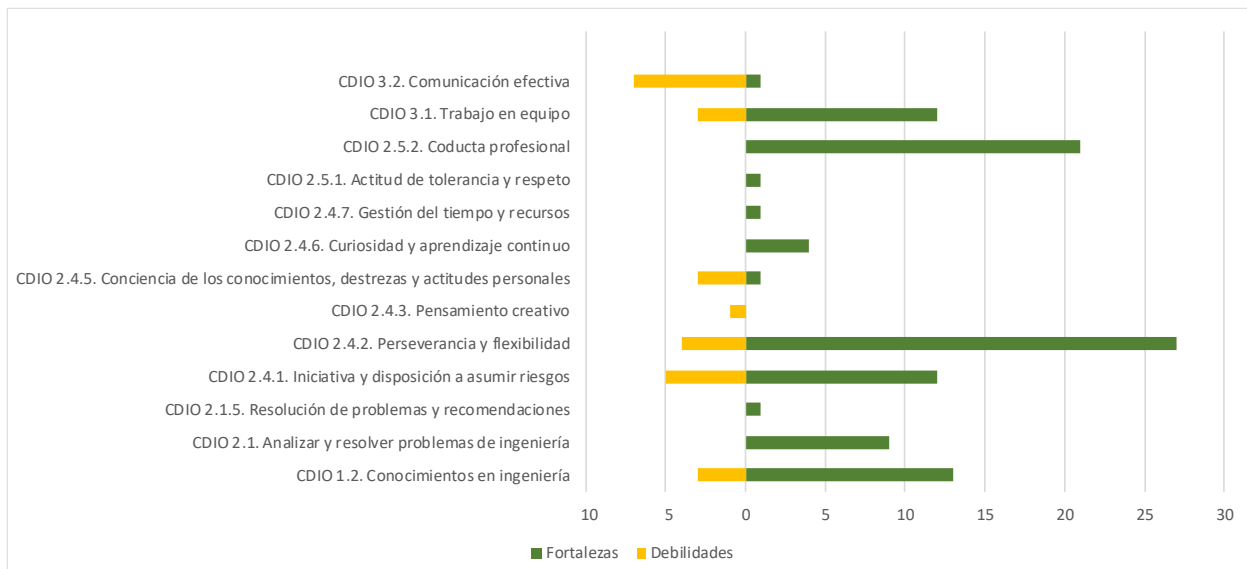


Figura N° 9. Frecuencia de fortalezas y debilidades en los comentarios de las evaluaciones Finales Práctica Profesional Tutelada Ingeniería Civil Industrial

CONCLUSIONES

La evaluación del cumplimiento del perfil de egreso de las carreras de Ingeniería Civil Informática e Ingeniería Civil Industrial a través de las prácticas profesionales tuteladas desde el semestre de 2016-II a la fecha ha sido muy satisfactoria. Esta última actividad curricular ha permitido, por un lado, que los estudiantes muestren en un contexto real el nivel de logro de las habilidades CDIO relevantes a su perfil de egreso, superen oportunamente algunas debilidades gracias a la realimentación de los supervisores y del acompañamiento de su profesor tutor, y

tengan una oportunidad de inserción laboral temprana. Por otro lado, las carreras han fortalecido sus procesos de mejora continua del currículo al recibir una valoración externa del cumplimiento del perfil de egreso de los estudiantes. Al mismo tiempo, han fortalecido la vinculación con el sector empresarial que manifiesta un creciente interés por esta modalidad de habilitación profesional. Dentro de los trabajos futuros está complementar estos resultados con autoevaluaciones de los estudiantes sobre las mismas habilidades CDIO evaluadas. Hasta ahora la visión del estudiante, se ha obtenido a través de reflexiones no estructuradas en el informe final de práctica, pero sin duda un instrumento más estructurado facilitaría la sistematización de la información y permitiría comparar la autoevaluación del estudiante con la evaluación de los supervisores, determinar brechas y tomar acciones de mejora oportunas para superar debilidades. Otro aspecto a analizar es el impacto que las modalidades de Habilitación Profesional tienen en la duración de la última actividad curricular. Históricamente los proyectos de título tenían una duración efectiva que supera los dos semestres y las prácticas profesionales tituladas lo han reducido a un semestre.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Escuela y a los coordinadores de las prácticas profesionales de las carreras por su apoyo en el procesamiento de los datos y procesos de mejora continua.

REFERENCIAS

Brodeur, D. R. & Crawley, E. F. (2005). Program evaluation aligned with the CDIO standards. Proceedings of the ASEE-2005, Portland, Oregon.

CDIO (2010). The CDIO standards v2.0 (with customized rubrics). Retrieved from <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/cdio-standards-v-20-customized-rubrics>.

Crawley, E. (2001). The CDIO Syllabus: A statement of goals for undergraduate engineering education. MIT CDIO Report.

Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education: The CDIO approach. Springer Sciences + Business Media LLC, New York.

Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W., & Brodeur, D. (2011). The CDIO syllabus v2.0. An updated statement of goals for engineering education. In Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark.

Bennedsen, J., F. Georgsson, and J. Kontio. (2016). "Updated Rubric for Self-Evaluation (v2.1)." In Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, June 12-16.

Loyer S., Muñoz, M., Cárdenas, C., Martínez, C., Cepeda, M., & 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.