

Revolución por la educación: el inicio de la reforma peruana en la enseñanza de la ingeniería a través de la iniciativa CDIO

Revolution through education: the start of a Peruvian reform of engineering teaching with the CDIO initiative

Víctor Cáceres¹

¹Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú

Recibido : 22/08/2017 Aceptado: 31/11/2017

RESUMEN

Actualmente el Estado Peruano viene realizando una reforma educativa en todos los niveles de enseñanza universitaria. En el caso de la enseñanza de ingeniería, este esfuerzo no viene acompañado con nuevas propuestas de innovación y tecnología. Ante la escasez de modelos competitivos, el futuro de esta reforma dejará de lado la extraordinaria oportunidad de generar profesionales de ingeniería competitivos. La Iniciativa CDIO propone una educación que enfatiza los fundamentos, establecida en el contexto de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar productos, procesos, y sistemas. Se centra en la ingeniería de la enseñanza mediante el fomento de aprendizaje práctico de los productos y la creación del sistema. Los estudiantes se enfrentan a problemas de ingeniería reales que requieren una combinación de soluciones tangibles teóricas y prácticas. La idea es exponer a los estudiantes a situaciones difíciles que requieren tanto en el conocimiento multidisciplinario y el aprendizaje social.

En este presente trabajo, se desarrolla una evaluación preliminar en las diversas iniciativas que viene desarrollando la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional de Ingeniería en el proceso de acreditación para la enseñanza universitaria, esperando lograr un nuevo modelo innovador educativo de ingeniería CDIO.

Palabras clave: *innovación tecnológica, educación de ingeniería*

ABSTRACT

The Peruvian government is presently carrying out a reform of all levels of University education. In the case of engineering teaching, this effort does not bring new proposals of innovation or technology. By not considering alternative models, this reform will miss an extraordinary opportunity to form competitive engineering professionals. The CDIO initiative proposes an education alternative which emphasizes the fundamentals, as : Conceive; Design; Implement; and Operate products, processes and systems. It focusses on engineering through the promotion of practical learning of the products and the creation of systems. Students are faced with real engineering problems requiring a combination of theoretical and practical solutions. The idea is to expose students to difficult situations that demand both multidisciplinary knowledge and social learning.

In this paper, we present a preliminary evaluation of the various initiatives being developed by the Faculty of Industrial Engineering and Systems of the Universidad Nacional de Ingeniería (National University of Engineering) within the process of accreditation for university teaching, so as to achieve a new innovative model for CDIO engineering education.

Keywords: *technological innovation, engineering education.*

* Correspondencia:
E-mail: victoriocaceres@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El marco de trabajo para la renovación curricular de los programas de Ingeniería, llamado CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) tiene como objetivo mejorar la calidad de los programas, estableciendo estándares para una formación integral y definiendo un proceso de mejoramiento continuo de los currículos. Este marco fue desarrollado a comienzos del 2000 por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos y el Instituto Real de Tecnología de Suecia (KUT) y se basa en el ciclo de vida de los proyectos de Ingeniería. Adoptar CDIO implica una reforma integral a currículos de ingeniería, incluyendo cambios en las metodologías de enseñanza, la evaluación del proceso de aprendizaje, formación docente y la dotación de espacios de trabajo entre otros.

La iniciativa CDIO tiene tres grandes objetivos generales: (1) Dominar un conocimiento profundo de técnicas fundamentales; (2) liderazgo en la creación y operación de nuevos productos, procesos y sistemas; (3) entender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y el 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.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un modelo CDIO para el Programa de Ingeniería Industrial orientado al proceso de la acreditación ABET.

Objetivos Específicos

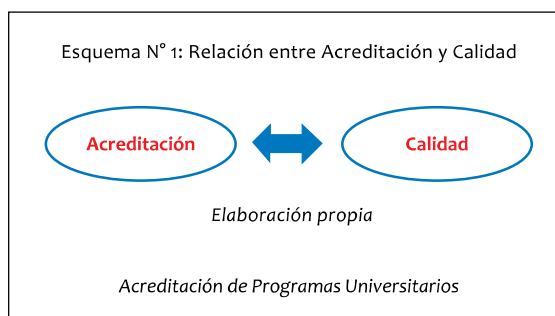
- Evaluar las condiciones de acreditación ABET del Programa de Ingeniería Industrial para identificar los procesos y sus relaciones.
- Evaluar los estándares de la Iniciativa CDIO para identificar las oportunidades de mejora.
- Analizar las condiciones de los estándares CDIO favorables como alternativa para consolidar la mejora continua de la acreditación ABET.

- Desarrollar el modelo CDIO para la acreditación ABET del Programa de Ingeniería Industrial.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 Acreditación

Reconocimiento público de la calidad de la formación profesional que brinda un programa universitario. La institución ha completado un proceso de evaluación de su gestión académica y administrativa, siguiendo un modelo de calidad, y desarrollando un plan de mejora continua.



Asegurar la calidad de la formación profesional a padres, alumnos y empleadores, abriendo nuevas oportunidades para alumnos, egresados y profesores:

- Asegurar la competitividad de la Escuela.
- Movilidad de profesionales.
- Reconocimiento del grado académico en otros países.
- Colegiatura directa sin pasar por una universidad.
- Acreditación por entidades internacionales.

En el Perú, hay experiencias de acreditación de Programas de Ingeniería Industrial.

Cuadro N° 1: Cuadro de Carrera de Ingeniería Industrial acreditadas en el Perú, según Universidades.

UNIVERSIDAD	ACREDITACIÓN	PAÍS	PERIODO
URP	ABET	USA	2012-2018
	ICACIT	PERÚ	2012-2018
PUCP	ABET	USA	2010-2016
	ICACIT	PERÚ	2010-2016
	CEAB	CANADA	2009-2015
USMP	ABET	USA	2010-2016
	ICACIT	PERÚ	2012-2018
	ASIIN	ALEMANIA	2009-2015
ULIMA	IAC-CINDA	CHILE	2011-2014
UNMSM	CNA	COLOMBIA	2010-2016
UCSM	RIEV	MÉXICO	2011-2014
UNHV	CNA	COLOMBIA	2012-2018
	CONEAU	PERÚ	2013-2016

Fuente: ICACIT

3.2 *Calidad*

Satisfacer las expectativas de las partes interesadas y del grupo de interés (los clientes). Es hacer las cosas bien. Lograr un producto o servicio bueno, bonito y barato.

3.3 *Modelos de Calidad*

Podemos clasificar en dos Modelos de Calidad:

- a. Modelo de Calidad basada en los Resultados: El producto final cumple un conjunto de estándares.
- b. Modelo de Calidad basada en los Procesos: Los procesos intermedios para obtener el producto final que cumplen un conjunto de estándares.

3.4 *Modelos de Calidad en la Educación Superior*

Podemos clasificar en dos modelos:

- a. Modelo de Calidad en la Educación Superior basada en los Resultados: El egresado demuestra un conjunto de competencias profesionales.
- b. Modelo de Calidad en la Educación Superior basada en los Procesos: Los procesos de formación profesional cumplen un conjunto de estándares.

ABET

Accreditation Board for Engineering and Technology, entidad acreditadora de Programas de Ingeniería más importante del mundo.

ICACIT

Instituto de Calidad y Acreditación de Programas de Computación, Ingeniería y Tecnología, es una Asociación Civil Educativa sin fines de lucro y es la entidad acreditadora en el Perú que vienen tomando el modelo ABET.

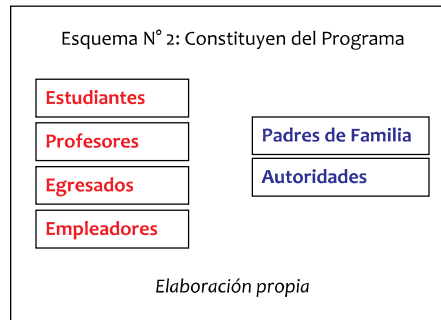
4. DESARROLLO

4.1 *Acreditación ABET*

Es un Modelo de Calidad de Métricas Flexibles que satisfacen las expectativas de los constituyentes dentro de un esquema de mejora continua. Para demostrar que se satisfacen las expectativas de los constituyentes, ABET plantea un conjunto de nuevos criterios de acreditación que deben ser cumplidos.

4.2 *Constituyentes del Programa*

Personas o instituciones que forman parte (como son los estudiantes, profesores, egresados y empleadores) o se ven afectadas (padres de familia y autoridades) en el proceso de formación profesional.



4.3 *Expectativas de los Constituyentes del Programa*

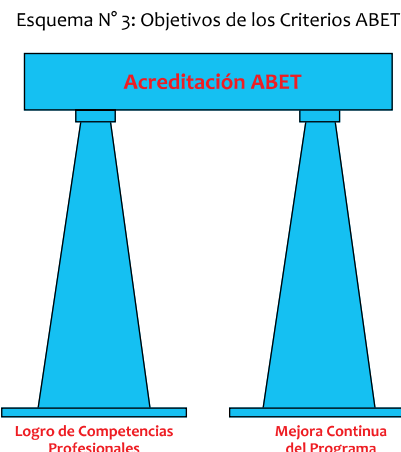
Está compuesta por personas que forman parte de la institución en el proceso de formación profesional. Estas son:

- Estudiantes: Formarse integralmente como profesionales y como personas en un entorno exigente, riguroso, abierto y que brinda apoyo.
- Profesores: Desarrollar sus capacidades profesionales y pedagógicas en una cultura altamente motivadora.
- Egresados: Ser empleables y competitivos en sus campos de formación profesional desarrollando una actividad productiva en el sector público o privado o siguiendo estudios de postgrado.
- Empleadores: Disponer de profesionales con las competencias adecuadas para el desarrollo y logro de objetivos de su actividad empresarial.

4.4 *Criterios ABET*

De acuerdo a los Modelos de Calidad de Educación Superior, estos criterios buscan:

- a. Logro de Calidad: Los Egresados alcanzan las Competencias Profesionales,
- b. Mejora Continua: Proceso sistemático de detección y corrección de errores.



Fuente: ICACIT

4.5 Clasificación de Criterios ABET

Está compuesta por 9 criterios, los cuales se clasifican en:

- a) Criterios Generales: Estos criterios incluyen requerimientos para todos los programas acreditados por un determinado comité técnico de acreditación.
 - a. Estudiantes:
 - b. Objetivos Educativos:
 - c. Resultados del Programa – Competencias Profesionales
 - d. Mejora Continua:
 - e. Currículo – Componente Profesional:
 - f. Profesores:
 - g. Infraestructura:
 - h. Soporte Institucional:
- b) Criterios del Programa: Estos criterios incluyen requerimientos específicos del programa dentro de las áreas de especialización.
 1. Criterios del Programa: Para el programa de Ingeniería Industrial y otros programas de ingeniería de similar denominación: Estos criterios aplican a programas de ingeniería que incluyen “industrial” o modificadores similares en sus nombres.
 2. Plan de Estudios:

El plan de estudios debe preparar a los graduados para diseñar, desarrollar, implementar y mejorar sistemas integrados que incluyan personas, materiales, información, equipamiento y energía.

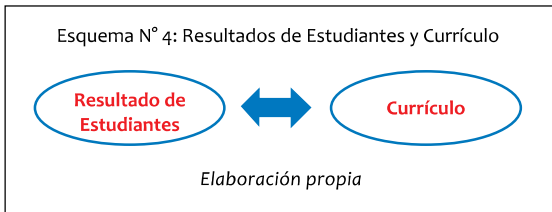
El plan de estudios debe incluir instrucción en profundidad para llevar a cabo la integración de sistemas utilizando prácticas analíticas, computacionales y experimentales apropiadas.
 3. Cuerpo de Profesores:

El programa debe demostrar que, el cuerpo de profesores comprende la práctica profesional y se mantiene actualizado en su respectiva área profesional.

El cuerpo de profesores del programa debe tener responsabilidad y la suficiente autoridad para definir, revisar, implementar y lograr los objetivos del programa.
- c) Competencias Profesionales: Capacidad para ejercer una profesión, resolver problemas del contexto con idoneidad y coherencia de forma autónoma y flexible.
 1. Diseño en Ingeniería: Diseña y optimiza sistemas y procesos para obtener bienes o servicios que satisfacen requerimientos, así como restricciones económicas, legales, sociales y de sostenibilidad.
 2. Solución de Problemas de Ingeniería: Identifica diagnóstica, formula y resuelve problemas usando las técnicas, métodos herramientas y normas en el dominio de la ingeniería industrial.
 3. Gestión de Proyectos: Planifica y gestiona proyectos de ingeniería industrial con criterios de calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad.
 4. Aplicación de las Ciencias: Aplica los conocimientos y habilidades en matemáticas, ciencias e ingeniería para la solución de problemas de ingeniería industrial.
 5. Experimentación y Pruebas: Formula y conduce experimentos y pruebas, analiza los datos e interpreta resultados.
 6. Aprendizaje Durante Toda la Vida: Reconoce la importancia del aprendizaje continuo para permanecer vigente y actualizado en su campo de desarrollo profesional.
 7. Impacto de la Ingeniería: Comprende el impacto que las soluciones de ingeniería industrial tienen sobre las personas y el entorno en un contexto local y global.
 8. Conciencia Ambiental: Considera la importancia de la preservación y mejora del medio ambiente en el desarrollo de sus actividades profesionales.
 9. Responsabilidad Ética y Profesional: Asume responsabilidad por los proyectos y trabajos realizados y evalúa sus decisiones y acciones desde una perspectiva moral.
 10. Comunicación: Se comunica de manera clara y convincente en forma oral, escrita y gráfica según los diferentes tipos de interlocutores o audiencias.
 11. Trabajo en Equipo: Reconoce la importancia del trabajo grupal y se integra y participa en forma efectiva en equipos multidisciplinares de trabajo.
 12. Conocimiento de Asuntos Contemporáneos: Está informado de los acontecimientos nacionales y mundiales más relevantes.
 13. Práctica de la Ingeniería Moderna: Usa las herramientas y técnicas modernas de la ingeniería necesarias para la práctica profesional.
- d) Instrumentos para evaluar el Logro de las Competencias Profesionales
 - Proyecto(s) de Fin de Carrera (Capstone Project)
 - Evaluación a egresados

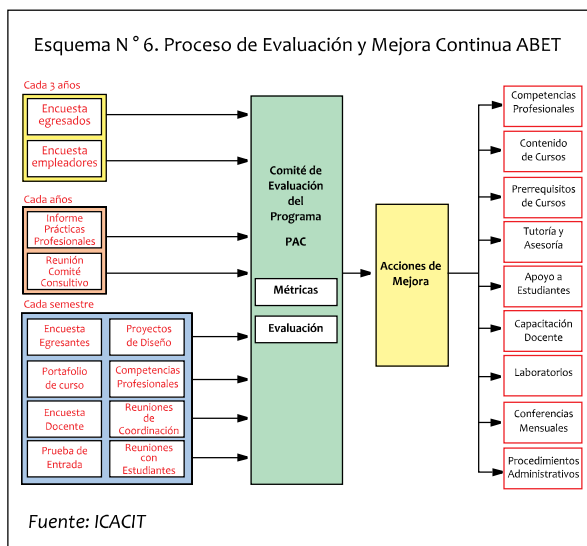
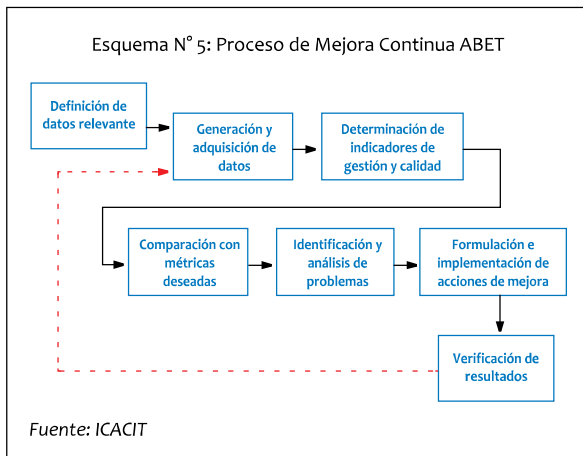
- Evaluación de empleadores
- Prácticas profesionales
- Logros de objetivos (competencias) de cursos
- Portafolio del curso

Los cursos deben apuntar al logro de todos los resultantes del estudiante.



e) Relación entre Calidad y Mejora Continua:

Calidad es capacidad de darnos cuenta de nuestros errores y corregirlos oportunamente. Mejora Continua es el proceso sistemático de detección y corrección de errores.



4.6 Evaluación de la Acreditación ABET:

La acreditación ABET evalúa cada uno de los nueve criterios y asigna una calificación:

- Observación: El criterio se ha cumplido. Se plantean recomendaciones.
- Debilidad: El criterio no se cumple a cabalidad. El criterio se cumple pero podría no cumplirse en el futuro. Las acciones de mejora se reportan con un informe complementario
- Deficiencia: El criterio se cumple parcialmente y no de manera sostenida. Las acciones de mejora se reportan con un informe y una vista complementaria
- No cumple con el criterio: No acredita.

Cuadro N° 2: Cuadro Evaluación de Criterios ABET

Criterio	Observación	Debilidad	Deficiencia	No Cumple
1. Estudiantes				
2. Objetivos Educativos				
3. Resultados del Programa - Competencias Profesionales				
4. Mejora Continua				
5. Currícula - Componente Profesional				
6. Profesores				
7. Infraestructura				
8. Soporte Institucional				
9. Criterios del Programa				

Fuente: ICACIT

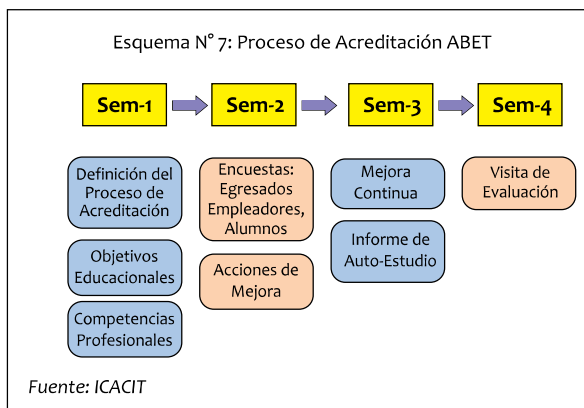
Dentro de la evaluación se considera los siguientes aspectos:

- Logro de competencias profesionales
- Pertinencia del Plan Curricular
- Calidad y especialización de los docentes
- Modernidad y calidad de infraestructura y laboratorios
- Calidad de los servicios de la Universidad
- Sistema de Mejora Continua.

4.7 Proceso de Acreditación

El Proceso de Acreditación contempla un conjunto de actividades planificadas y coordinadas entre la entidad evaluadora y la entidad solicitante a la

Acreditación: Definición del Proceso de Acreditación, los Objetivos Educativos, las Competencias Educativas, Evaluación de encuestas de mejora, Mejora Continua, Informe de Auto Estudio y Visita de Evaluación.



4.8 Cronograma de trabajo

- Entrega de Informe de Auto-Estudio: 31 de enero de 2014
- Entrega de Informe de Auto-Estudio: 1 de julio de 2014
- Vista de Evaluación: Octubre de 2014
- Informe complementario: Marzo 2015
- Resultado final: Agosto 2015

4.9 Comisión de Acreditación ABET Programa de Ingeniería Industrial UNI

- Decano de la Facultad.
- Director de Escuela Ingeniería Industrial.
- Director de Escuela de Ingeniería de Sistemas.
- Director de Instituto de Investigación FIIS.
- Coordinadores de Área.
- Representantes de alumnos.

4.10 Actividades desarrolladas

- Objetivos Educativos.
- Resultados del Estudiante.
- Capacitación docente.
- Cursos con diseño capstone.
- Página web.
- Base de datos de egresados.
- Concurso de Proyectos.
- Encuestas a egresantes.
- Encuestas web a egresados y empleadores.

5. Iniciativa 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 educativos, 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.

5.1 Descripción

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

5.2 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.

5.3 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 (revisar anexo N° 5).

Cuadro N° 3: Cuadro de Estándares CDIO

Objetivo	Estándar CDIO	Descripción
Filosofía del Programa	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.
Desarrollo del Currículum	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.
	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.
	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.
Experiencias de Diseño- Implementación y los Espacios de Trabajo	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).
	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.

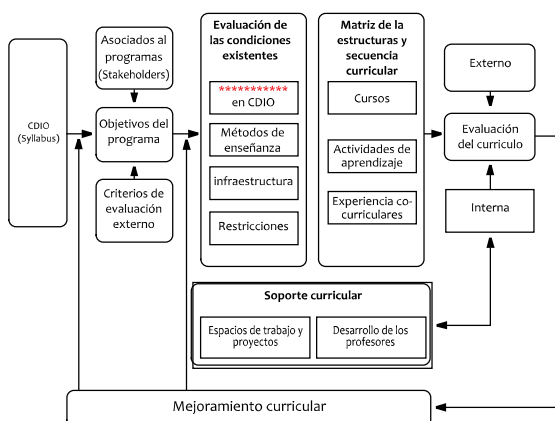
Objetivo	Estándar CDIO	Descripción
Métodos de Enseñanza y Aprendizaje	7. Experiencias de Aprendizaje Integrado	Experiencias de aprendizaje integrado que conducen a la adquisición de conocimientos disciplinares, de habilidades personales e interpersonales y también de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
	8. Aprendizaje Activo	Enseñanza y aprendizaje basados en métodos de aprendizaje activo y experiencial.
Desarrollo del Docente	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.
	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.
Evaluación del Programa	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 disciplinares.
	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.

Fuente: Syllabus CDIO

5.4 Autoevaluación de cumplimiento

La evaluación del cumplimiento de los Estándares CDIO es un proceso de autoreporte. 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.

Esquema N° 8: Proceso de Diseño Curricular CDIO



Fuente: Syllabus CDIO

6. Propuesta del Modelo CDIO para la acreditación ABET

La propuesta CDIO se definió conociendo de la crítica creciente de que la enseñanza de la ingeniería prioriza la teoría de las ciencias básicas y la técnica, sin dar suficiente énfasis a poner las bases para la práctica. Por ello propone, a partir de la información de las partes interesadas, identificar las necesidades de aprendizaje de los estudiantes y construir una secuencia de experiencias de aprendizaje integradas, para compatibilizarlas con las necesidades planteadas.

Afirma que el propósito de la educación en ingeniería es proveer a los estudiantes de los aprendizajes que requerirán, para ello se codifican resultados de aprendizaje específicos en una propuesta que define un racional, relevante y consistente conjunto de habilidades para un ingeniero. (Crawley et al.; 2007).

Si nos basamos en el contexto de la práctica profesional de ingeniería, las implicaciones para la enseñanza de la ingeniería son relativamente claras. Debemos fijar firmemente la educación en los aspectos intemporales del contexto profesional: Un enfoque a las necesidades de los clientes, entrega de productos y sistemas, incorporación de nuevas invenciones y tecnologías, un enfoque en la solución, no en las disciplinas, trabajar con otros, comunicación efectiva y trabajar con los recursos. (Crawley, Jianzhong, Malmqvist, Brodeur; 2008).

Debemos lograr que los estudiantes tomen conciencia de los nuevos y cambiantes elementos de contexto. Deben incorporar la aparición de nuevos servicios de ingeniería y el ritmo de evolución de la tecnología, de manera apropiada. Es decir, centrada en la naturaleza de la práctica de la ingeniería. Esta es la idea que se manifiesta en CDIO.

Dicho de otra manera, los ingenieros graduados deben comprender el proceso de ingeniería, ser capaces de contribuir al desarrollo de productos de

ingeniería y hacerlo al mismo tiempo que trabajan en organizaciones de ingeniería. Está implícita la expectativa adicional de que, como titulados universitarios y adultos jóvenes, los graduados de ingeniería deben desarrollarse en su conjunto como individuos maduros y reflexivos. (Edward F. Crawley; 2001).

CDIO define las competencias que deben poseer los alumnos al terminar su formación como ingenieros. Estas son el resultado de la conjunción de los intereses de todos los involucrados en la actividad de la ingeniería. En la definición de las competencias se usa como herramienta clave la participación a través de encuestas del cuerpo docente, la industria, antiguos alumnos, entre otras partes interesadas.

Estas se organizan en cuatro áreas de formación: (a) Conocimiento técnico y razonamiento crítico, (b) habilidades profesionales y personales, (c) habilidades interpersonales y (d) CDIO. En la Tabla N° 1, se encuentran las competencias y resultados definidas por Syllabus CDIO.

6.1 Modelo CDIO y Universidad Nacional de Ingeniería

El proceso de autoevaluación para la acreditación ABET de la Universidad Nacional de Ingeniería implica el uso del aprendizaje activo en todos los cursos, esto ha facilitado el camino para evaluar un innovador modelo que permita el implementar los estándares CDIO. El espacio de clase se convierte en un espacio de aprendizaje y discusión basada en problemas o casos donde los estudiantes resuelven problemas de ingeniería concibiendo, diseñando e implementando las soluciones propuestas. La reforma curricular se ha centrado principalmente en la definición de las competencias de egreso de los estudiantes y su íntima relación con el currículo, y lo más importante, en la evaluación de la adquisición de dichas competencias a través de la carrera. Este tema es completamente nuevo en Perú, siendo la Universidad Nacional de Ingeniería la primera universidad en poder implementarlo. Otras experiencias valiosas en la implementación de CDIO en América Latina han sido descritas por la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad de Chile, Universidad de Santiago, en Chile, y la Pontificia Universidad Católica Javeriana, Universidad Nacional de Colombia y Universidad ICESI, en Colombia.

7. Desarrollo del Modelo CDIO para la acreditación ABET del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería (revisar anexo N° 6)

Los Criterios para Ingeniería ABET 2015-2016, establece que para que un programa de ingeniería industrial sea acreditado, se debe asegurar que sus graduados han desarrollado los conocimientos, habilidades y actitudes descritos en el cuadro N° 4.

Cuadro N° 4: Cuadro de Criterios de Evaluación ABET 2015-2016 del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería.

N°	CRITERIO ABET 2015-2016	Descripción
1	Diseño en Ingeniería	Diseña y optimiza sistemas y procesos para obtener bienes o servicios que satisfacen requerimientos, así como restricciones económicas, legales, sociales y de sostenibilidad.
2	Solución de Problemas de Ingeniería	Identifica diagnóstica, formula y resuelve problemas usando las técnicas, métodos herramientas y normas en el dominio de la ingeniería industrial.
3	Gestión de Proyectos	Planifica y gestiona proyectos de ingeniería industrial con criterios de calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad.
4	Aplicación de las Ciencias	Aplica los conocimientos y habilidades en matemáticas, ciencias e ingeniería para la solución de problemas de ingeniería industrial.
5	Experimentación y Pruebas	Formula y conduce experimentos y pruebas, analiza los datos e interpreta resultados.
6	Aprendizaje durante toda la vida	Reconoce la importancia del aprendizaje continuo para permanecer vigente y actualizado en su campo de desarrollo profesional.
7	Impacto de la Ingeniería	Comprende el impacto que las soluciones de ingeniería industrial tienen sobre las personas y el entorno en un contexto local y global.
8	Conciencia Ambiental	Considera la importancia de la preservación y mejora del medio ambiente en el desarrollo de sus actividades profesionales.
9	Responsabilidad Ética y Profesional	Asume responsabilidad por los proyectos y trabajos realizados y evalúa sus decisiones y acciones desde una perspectiva moral.
10	Comunicación	Se comunica de manera clara y convincente en forma oral, escrita y gráfica según los diferentes tipos de interlocutores o audiencias.
11	Trabajo en Equipo	Reconoce la importancia del trabajo grupal y se integra y participa en forma efectiva en equipos multidisciplinarios de trabajo.
12	Conocimiento de Asuntos Contemporáneos	Está informado de los acontecimientos nacionales y mundiales más relevantes.
13	Práctica de la Ingeniería Moderna	Usa las herramientas y técnicas modernas de la ingeniería necesarias para la práctica profesional.

Fuente: ICACIT. Elaboración propia

Para facilitar la comparación directa con ABET, en la forma condensada de la propuesta CDIO de la Tabla N° 1 se han anotado con los números [1] a [13] los 13 criterios de evaluación ABET 2015-2016, para mostrar los elementos de correlación fuerte y correlación buena entre los dos documentos. Se demuestra que la cobertura del Syllabus CDIO con los puntos de ABET es fuerte, pero los de CDIO son más completos que los de ABET.

Tabla N° 1: Tabla de Correlación entre Syllabus CDIO y Criterios ABET 2015-2016 Programa Ingeniería Industrial UNI.

Syllabus CDIO Programa de Resultados	CRITERIOS DE EVALUACIÓN ABET FIIS 2014-2015													
	Diseño de ingeniería	Solución de problemas	Gestión de proyectos	Aplicación de ciencias	Experimentación y pruebas	Aprendizaje durante toda la vida	Impacto de la ingeniería	Conciencia ambiental	Responsabilidad ética y profesional	Comunicación	Trabajo en equipo	Conocimientos de asuntos contemporáneos	Práctica de la Ingeniería moderna	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1. CONOCIMIENTO Y RAZONAMIENTO DISCIPLINARIO														
1.1														
1.2														
1.3														
2. HABILIDADES Y ATRIBUTOS PERSONALES Y PROFESIONALES														
2.1														
2.2														
2.3														
2.4														
2.5														
3. HABILIDADES INTERPERSONALES: TRABAJO EN EQUIPO Y COMUNICACIÓN														
3.1														
3.2														
3.3														
4. CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR Y OPERAR SISTEMAS EN EL CONTEXTO DE LA EMPRESA, DE LA SOCIEDAD Y DEL MEDIO AMBIENTE – EL PROCESO DE INNOVACIÓN														
4.1														
4.2														
4.3														
4.4														
4.5														
4.6														
4.7														
4.8														

Correlación Fuerte ■ Correlación moderada ■

Elaboración propia.

Con base en la Tabla N° 1, la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería puede incorporar a los Criterios de Evaluación del Programa de Ingeniería Industrial ABET 2015-2016 en torno al mayor número de correlaciones entre los Resultados del Programa CDIO y criterios ABET. La implicación es capitalizar las características del marco CDIO, que apoyan los criterios y consolidan la acreditación ABET. Así, como modelo propuesta del Programa de Resultados para el Programa de Ingeniería Industrial se analiza a continuación:

1. Los graduados tendrán una base sólida en la ciencia, las matemáticas y la ingeniería, y puede aplicar este conocimiento fundamental para tareas de ingeniería industrial (esto corresponde a la correlación fuerte entre CDIO 1.1, 1.2 y ABET 4).
2. Los graduados pueden aplicar con eficacia las prácticas de ingeniería industrial en todo el ciclo de vida del sistema. Esto incluye la ingeniería de requisitos, análisis, creación de prototipos, diseño, implementación, pruebas, actividades de mantenimiento y gestión de los riesgos involucrados en los sistemas de gestión (esto corresponde a las correlaciones fuertes entre CDIO 4.3, 4.4 y ABET 1, así como las correlaciones moderadas entre CDIO 4.5, 4.6 y ABET 1).
3. Los graduados conocen varios métodos de ingeniería, puede seleccionar los métodos apropiados para proyectos y equipos de desarrollo, y pueden refinar y aplicarlos para lograr las metas del proyecto (esto corresponde a la correlación fuerte CDIO 1.3 y ABET 13, así como la correlación moderada entre CDIO 1.3 y ABET 4).
4. Los graduados tienen conocimiento de la ética, el profesionalismo y la diversidad cultural en el entorno laboral (esto corresponde a la correlación fuerte entre CDIO 2.5 y ABET 9).
5. Los graduados pueden aplicar prácticas básicas de aseguramiento de la calidad para garantizar que los diseños de procesos se encuentran en los estándares aplicables (esto corresponde a la correlación moderada entre CDIO 4.2 y ABET 1, así como la correlación fuerte entre CDIO 4.1, 4.2 y ABET 7).
6. Los graduados tienen habilidades de comunicación escrita y oral eficaces. Los graduados pueden preparar y publicar los documentos requeridos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Los graduados pueden contribuir eficazmente a proyectar debates, presentaciones y revisiones (esto corresponde a la correlación fuerte entre CDIO 3.2 y ABET 10, así como entre CDIO 3.1 y ABET 11).
7. Los graduados entienden la necesidad de la formación continua y pueden adaptarse fácilmente a nuevos entornos de ingeniería industrial (esto corresponde a la correlación fuerte entre CDIO 2.4 y la ABET 6, así como la correlación moderada entre CDIO 2.4 y ABET 13).

8. Para el Criterio ABET 3, "Gestión de Proyectos", se encuentra una correlación fuerte con el CDIO 1.3, 4.7 y 4.8 y correlación moderada con CDIO 3.1.
9. Para el Criterio ABET 8, "Conciencia Ambiental", se encuentra una correlación fuerte con el CDIO 4.1.

Si nos fijamos en la lista de correlaciones incorporadas en el Programa de Resultados de Aprendizaje del Programa de Ingeniería Industrial, muchos de los criterios ABET están cubiertos, incluyendo los criterios ABET 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 13.

Para los Criterios ABET de 2 y 5, es decir, "Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería" y "Capacidad de diseñar y realizar experimentos, así como analizar e interpretar los datos", respectivamente, estos están constituidas en la secuencia Concebir-Diseñar-Implementar-Operación del enfoque CDIO. En cuanto al Criterio ABET 12 de "Conocimiento de los problemas contemporáneos" se puede satisfacer a través del dictado de cursos formativos en temas de realidad nacional. El punto CDIO 3.3, "Comunicación de lenguas extranjeras", no se tratan en los elementos de la competencia ABET.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se puede afirmar que la propuesta CDIO está bien alineada con los criterios de ABET y además tiene dos ventajas. La primera es que puede afirmarse que están los criterios CDIO están más organizados racionalmente en relación al los criterios ABET, porque están más explícitamente enfocados a las funciones de la ingeniería moderna, lo que crea una mejor comprensión de por qué y como implementar un cambio en la enseñanza de ingeniería con un enfoque a la innovación tecnológica. La segunda y principal ventaja es que la iniciativa CDIO contiene procesos, niveles de medición y evaluaciones más estructurados que el documento de ABET.

9. CONCLUSIONES

La iniciativa CDIO abarca hasta la definición de objetivos viables y medibles, que son necesarios para llevar a cabo el diseño curricular ABET y la evaluación de procesos. Esto permitiría que esta propuesta de CDIO sea un referente importante para la definición de las competencias pertinentes para la acreditación de un Programa de Ingeniería Industrial en el Perú y pueda ser replicado en las distintas universidades.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Crawley, E, Malmqvist, J. Östlund, S. and Brodeur, D. (2007) "Rethinking Engineering Education, The CDIO Approach", Ed. Springer 2007, ISBN 978-0-387-38287-6
- [2] Crawley, Edward; Jianzhong, Cha; Malmqvist, Johan; Brodeur Doris; (2008). "The context of engineering education". Proceedings of the 4th International CDIO Conference, Hogeschool Gent, Belgium. June 2008.
- [3] Crawley, Edward F.. (2001). "The CDIO Syllabus. A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education". Consultado en agosto del 2015 http://www.cdio.org/files/CDIO_Syllabus_Report.pdf
- [4] Crawley E., Malmqvist J, Lucas W. and Brodeur D, (2012) "The CDIO Syllabus v2.0 A Updated Statement of Goals for Engineering Education", consultado en agosto del 2015 en: http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf
- [5] Accreditation Board for Engineering & Technology (2010). Engineering Criteria 2010. <http://www.abet.org>
- [6] CDIO™ INITIATIVE, <http://www.cdio.org>
- [7] Portal de la Facultad de ingeniería industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional de Ingeniería, <http://fiivirtual.uni.edu.pe/>
- [8] Portal ICACIT, <http://www.icacit.org.pe/web/>

ANEXOS

Anexo N° 1: Objetivos Educativos de la Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Ingeniería
Los Objetivos Educativos de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería son las capacidades que deben demostrar los egresados en su desempeño profesional.

A1.1 Competencia Técnica

Ingenieros industriales con el conocimiento científico y las habilidades técnicas para desempeñarse en los campos del diseño y mejora de procesos, formulación y evaluación de proyectos, gestión logística, planeamiento y control de operaciones y diseño de proyectos de automatización.

A1.2 Versatilidad y Adaptabilidad

Ingenieros industriales capaces de trabajar e interactuar en los diferentes niveles de decisión de un proyecto de ingeniería, contribuyendo al logro y alcance de objetivos y buscando la mejora de la productividad.

A1.3 Comunicación y Trabajo en Equipo

Ingenieros industriales capaces de expresarse de modo efectivo, interactuando en grupos multidisciplinarios como líder o asumiendo un rol proactivo.

A1.4 Profesionalismo

Ingenieros industriales con una conducta orientada a los principios éticos de la profesión, incidiendo en la seguridad y responsabilidad social así como el cuidado del medio ambiente.

A1.5 Aprendizaje para Toda la Vida

Ingenieros industriales dotados con las habilidades y actitudes para entender y adaptarse a las nuevas tecnologías y entornos, buscando mantenerse vigentes y competitivos a través del aprendizaje constante.

A1.6 Emprendimiento

Ingenieros industriales con la capacidad de innovar productos, procesos y sistemas buscando la satisfacción de necesidades y la mejora de los resultados, o el desarrollo de un negocio propio como proyecto personal.

Anexo N° 2: Resultados del Programa-Competencias Profesionales de la Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Ingeniería

A2.1 Diseño en Ingeniería: Diseña y optimiza sistemas y procesos para obtener bienes o servicios que satisfacen requerimientos, así como restricciones económicas, legales, sociales y de sostenibilidad.

A2.2 Solución de Problemas de Ingeniería: Identifica diagnóstica, formula y resuelve problemas usando las técnicas, métodos herramientas y normas en el dominio de la ingeniería industrial.

A2.3 Gestión de Proyectos: Planifica y gestiona proyectos de ingeniería industrial con criterios de calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad.

A2.4 Aplicación de las Ciencias: Aplica los conocimientos y habilidades en matemáticas, ciencias e ingeniería para la solución de problemas de ingeniería industrial.

A2.5 Experimentación y Pruebas: Formula y conduce experimentos y pruebas, analiza los datos e interpreta resultados.

A2.6 Aprendizaje durante toda la vida: Reconoce la importancia del aprendizaje continuo para permanecer vigente y actualizado en su campo de desarrollo profesional.

A2.7 Impacto de la Ingeniería: Comprende el impacto que las soluciones de ingeniería industrial tienen sobre las personas y el entorno en un contexto local y global.

A2.8 Conciencia Ambiental: Considera la importancia de la preservación y mejora del medio ambiente en el desarrollo de sus actividades profesionales.

A2.9 Responsabilidad Ética y Profesional: Asume responsabilidad por los proyectos y trabajos realizados y evalúa sus decisiones y acciones desde una perspectiva moral.

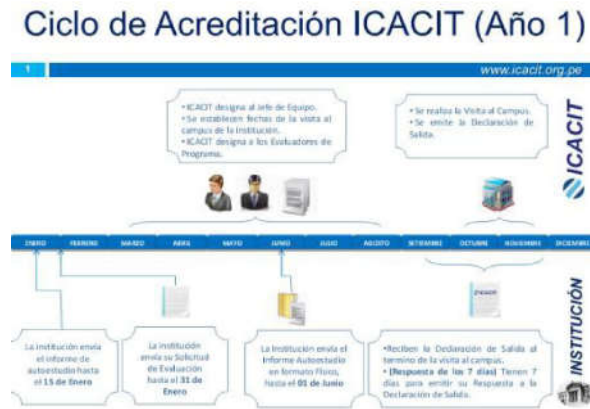
A2.10 Comunicación: Se comunica de manera clara y convincente en forma oral, escrita y gráfica según los diferentes tipos de interlocutores o audiencias

A2.11 Trabajo en Equipo: Reconoce la importancia del trabajo grupal y se integra y participa en forma efectiva en equipos multidisciplinarios de trabajo.

A2.12 Conocimiento de Asuntos Contemporáneos: Está informado de los acontecimientos nacionales y mundiales más relevantes.

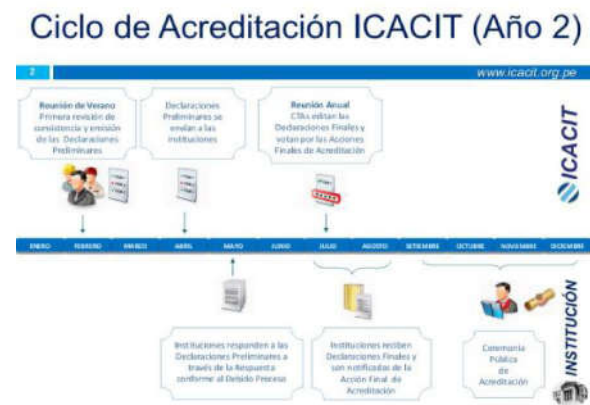
A2.13 Práctica de la Ingeniería Moderna: Usa las herramientas y técnicas modernas de la ingeniería necesarias para la práctica profesional.

Anexo N° 3: Cuadro del Ciclo de acreditación ICACIT (año 1)



Fuente: ICACIT.

Anexo N° 4: Cuadro del Ciclo de acreditación ICACIT (año 2)



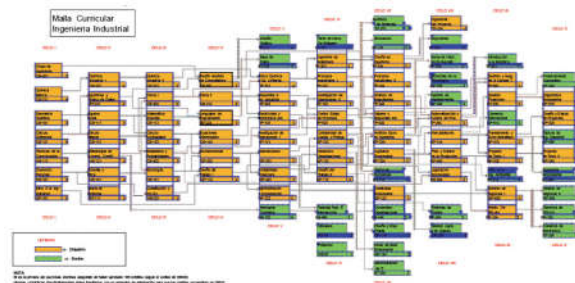
Fuente: ICACIT.

Anexo N° 5: Cuadro de Rúbrica General Syllabus CDIO, según Escala y Criterios

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.

Fuente: Syllabus CDIO. Elaboración propia

Anexo N° 6: Malla Curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería



Fuente: Oficina de Estadística y Registros Académicos (OERA) FIIS UNI. Elaborado por Comunidad FIIS UNI.