

Curricular Experiences Leading to the ABET Accreditation in the Electrical and Electronics Engineering Programs

Experiencias curriculares para lograr la acreditación ABET en los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Luis E. Gallego¹, Diego Tibaduiza², Jhon J. Ramírez-Echeverry³, and Hernando Díaz⁴

ABSTRACT

Accreditation processes not only recognize the high quality of curricular programs; they also guarantee their continuous self-improvement. This paper aims to socialize the curricular experiences in the Electrical and Electronics Engineering programs of Universidad Nacional de Colombia (Bogotá Campus) within the decade-long efforts to achieve international ABET accreditation in 2021. This work thoroughly describes implementing the CDIO curriculum design methodology and its subsequent transition towards a curricular assessment based on learning outcomes. The results of some qualitative studies regarding the perceptions of faculty and alums are presented, as well as a detailed proposal of the skills to be developed in each year of the syllabus, establishing their level of implementation. Moreover, a detailed description is provided regarding the methodology adopted for measuring performance indices during four semesters and the main results of the assessment of each learning outcome. Finally, the main curricular challenges to be addressed over the following years within the Electrical and Electronics Engineering programs are described.

Keywords: engineering education, learning outcomes, self-assessment, ABET, CDIO, curricular design, curricular improvement

ABSTRACT

Los procesos de acreditación no solo reconocen la alta calidad de los programas curriculares; también garantizan el mejoramiento continuo de los mismos. Este artículo pretende socializar las experiencias curriculares de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), en el marco de los esfuerzos de más de una década para lograr la acreditación internacional ABET en el año 2021. Este trabajo describe detalladamente la implementación de la metodología de diseño curricular CDIO y su posterior transición hacia una evaluación curricular por objetivos de aprendizaje. Se presentan los resultados de algunos estudios cualitativos sobre las percepciones de profesores y egresados, así como la propuesta detallada de las habilidades a desarrollar en cada año del plan de estudios, distinguiendo su nivel de implementación. A su vez, se detalla la metodología de medición adoptada para los indicadores de desempeño durante cuatro semestres, así como los principales resultados de la evaluación (assessment) para cada meta de aprendizaje. Finalmente, se describen los principales desafíos curriculares a enfrentar en los próximos años en los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Palabras clave: educación en ingeniería, resultados de aprendizaje, autoevaluación, ABET, CDIO, diseño curricular, mejoramiento curricular

Received: December 21st, 2021

Accepted: March 14th, 2023

Introducción

El año 2021 representa, para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, la conmemoración de sus 160 años, y los autores, en nombre del Área Curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, nos sumamos a esta celebración. Cabe anotar que, solo después de un siglo de fundada nuestra Facultad, como si la mayoría de edad fuera alcanzada a los 100 años, las especializaciones emergentes en distintos campos disciplinares dieron origen a la concepción de nuevos planes de estudio, más allá de la Ingeniería Civil. En este sentido, en 2021 se celebran 60 años de la carrera de Ingeniería Eléctrica, luego de su creación el 22 de mayo de 1961. Por lo tanto, esta ocasión constituye un motivo doble de celebración para nuestra comunidad académica.

Por otro lado, maravillosas cábals se tejen alrededor del número 60, pues fue mediante el Acuerdo 60 de 1961 del Consejo Académico que se dio origen formal a la carrera de Ingeniería Eléctrica. Incluso, más allá de sus 60 años, nuestro fundador, el ingeniero alemán Martin

¹ Ingeniero electricista, Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Alta Tensión, Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Ingeniería, énfasis en Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de Colombia. Afiliación: Profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Email: Igallegov@unal.edu.co

² Ingeniero Electrónico, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Magíster en Ingeniería, área Electrónica, Universidad Industrial de Santander. Doctor en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Afiliación: Profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Email: datibaduizab@unal.edu.co

³ Especialista en Telecomunicaciones, Universidad de Manizales, Colombia. Magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Ingeniería de Proyectos y Sistemas, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Afiliación: Profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Email: jjramirez@unal.edu.co

⁴ Ingeniero electricista, Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Sistemas de Potencia, Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Ingeniería Eléctrica, Rensselaer Polytechnic Institute, NY, USA. Afiliación: Profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Email: hdiazmo@unal.edu.co

Cómo citar: Gallego L. E., Tibaduiza D., Ramírez-Echeverry J. J. and Díaz H. (2023). Curricular Experiences Leading to the ABET Accreditation in the Electrical and Electronics Engineering Programs. *Ingéniería e Investigación*, 43(2), e100218. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.101200>



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

Lutz, desplegó sus mejores esfuerzos entre sus 65 y sus 76 años para consolidar este sueño (Mejía, 2011). Adicionalmente, justo a la edad de 60 años para el plan de Ingeniería Eléctrica, y a los 24 años del plan de Ingeniería Electrónica, tenemos la oportunidad de celebrar un hito académico relevante: la acreditación internacional ABET, recientemente obtenida en agosto de 2021. Dando algo de contexto, ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) es la agencia acreditadora de programas en ciencias aplicadas y naturales, informática, ingeniería y tecnología de la ingeniería más prestigiosa del mundo, cuya misión es asegurar que un programa académico de estas áreas cumpla con los estándares internacionales de calidad de la profesión para la cual se preparan sus egresados (ABET, 2021).

Es precisamente este logro académico el motivo central de este artículo, en el cual se describen las experiencias alcanzadas en este proceso, que empezó en el año 2008 y se cristalizó 12 años después en este reconocimiento. Para ello, las experiencias se organizarán en 4 grandes partes:

1. La iniciativa *Concebir, diseñar, implementar y operar* (CDIO) - 2008-2012
2. La consolidación del Proyecto Educativo del Programa (PEP) - 2012-2016
3. El enfoque ABET
4. Futuros desafíos curriculares

La iniciativa CDIO (2008-2012)

Como se mencionó antes, los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica han sido muy activos en los procesos de revisión curricular, particularmente desde el año 2008, con motivo de la última reforma académica (CSU, 2007). En rigor, esta reforma planteaba algunos principios fundamentales como (i) la formación integral, (ii) la flexibilidad, (iii) la contextualización, (iv) la internacionalización y (v) la interdisciplinariedad. Por ello, la pregunta relevante en su momento era cuáles estrategias debían utilizarse para aplicar dichos principios al diseño de los currículos de la Facultad. Como una posible respuesta a tal dilema, la dirección de área curricular de aquella época se dio a la tarea de explorar algunos enfoques educativos para la implementación de estos principios en los planes de estudio, y fue así como los programas adoptaron la iniciativa CDIO (Crawley *et al.*, 2006).

En términos generales, CDIO provee un marco educativo de referencia para desarrollar los fundamentos de la ingeniería en el contexto de **Concebir, Diseñar, Implementar y Operar*** sistemas o productos del mundo real (Crawley *et al.*, 2006). En particular, este marco está representado por un conjunto explícito de habilidades jerarquizadas (4 subniveles) cuyo desarrollo es deseable a lo largo del currículo en tres distintos niveles de formación: introducción (I), exposición (E) y utilización por parte del estudiante (U).

Entre otras características deseables, esta iniciativa abordaba aspectos de la educación en ingeniería que se ajustaban a los nuevos principios propuestos en la reforma académica del año 2007, donde, más allá de los contenidos programáticos puramente disciplinares o técnicos, se

demandaba el desarrollo por parte de los estudiantes de algunas competencias fundamentales para el ejercicio de la ingeniería, tales como la comunicación oral y escrita y el trabajo en equipo (Tadmor, 2006; Kennedy, 2006; Wulf, 1998; The Boeing Company, 1996).

Una de las primeras tareas para adelantar esta iniciativa consistió en establecer cuáles son las competencias deseables y necesarias para un ingeniero y cuál es el nivel de desempeño deseable para cada una. Hoy en día, se puede decir que existe un consenso generalizado acerca de las competencias que deben tener los ingenieros para competir en un mundo globalizado; tanto ingenieros graduados como profesores de muchas regiones coinciden en que es preciso (i) identificar las habilidades y otras competencias requeridas, (ii) hacer explícitos los objetivos de formación en todas las áreas y (iii) establecer los mecanismos adecuados para el logro de dichos objetivos (Crawley *et al.*, 2006; NAE, 2005; Diamond, 2008; Vest, 2006).

Consecuentemente, una de las etapas fundamentales de este proceso de reforma curricular consistió en establecer cómo responder a las siguientes preguntas fundamentales (Diamond, 2008):

- ¿Cuál es el conjunto de conocimientos, habilidades y aptitudes (competencias) que deben poseer los egresados de nuestros programas de ingeniería y cuál es el nivel deseado de suficiencia en cada uno de esos aspectos?
- ¿Cómo se puede apoyar a los estudiantes para que adquieran o fomenten dichas competencias antes de graduarse?

Para establecer el conjunto de competencias requeridas y el nivel de suficiencia considerado deseable, fue necesario recoger la opinión de los principales interesados en los resultados del proceso educativo: los estudiantes, la industria (empleadores) y los profesores.

CDIO - la visión de los egresados

La percepción de los egresados de ambos programas en el año 2018 (115 y 54 egresados de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica respectivamente) se estimó a través de una encuesta, siguiendo una metodología similar a la implementada por el Consejo Mundial de Ingeniería Química (World Chemical Engineering Council, WCEC), cuyos resultados se reportan en Díaz (2008). Esta encuesta solicitaba calificar la importancia de algunas competencias relevantes para el ejercicio de la profesión, de acuerdo con la escala mostrada en la Tabla 1.

Los resultados para ambos programas se presentan en la Tabla 2, ilustrando el orden de importancia dado por los egresados de cada programa para cada una de las competencias indagadas.

CDIO - la visión del profesorado

La percepción de los profesores también se estimó mediante una encuesta ese mismo año (2008), cuya escala del nivel de suficiencia esperada por parte de los estudiantes se ilustra en la Tabla 3.

*De ahí el acrónimo CDIO.

Table 1. Encuesta CDIO a egresados. Escala de niveles de importancia en cada habilidad o competencia.

| Valor | Calificación |
|-------|-------------------------|
| 1 | Nada importante |
| 2 | Poco importante |
| 3 | Medianamente importante |
| 4 | Bastante importante |
| 5 | Muy importante |

Table 2. Encuesta CDIO a Egresados. Orden de importancia reportado por los egresados con respecto a las competencias más necesarias para el trabajo.

| Orden | Ing. Electrónica | Ing. Eléctrica |
|-------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Habilidad para obtener información | Habilidad para obtener información |
| 2 | Habilidad para resolver problemas | Trabajo en equipo |
| 3 | Habilidad para analizar información | Capacidad de liderazgo |
| 4 | Aprender por cuenta propia | Habilidades para comunicarse |
| 5 | Habilidades para comunicarse | Habilidad para obtener información |
| 6 | Trabajo en equipo | Habilidad para resolver problemas |
| 7 | Aprender durante toda la vida | Poseer una educación amplia y general |
| 8 | Idioma extranjero | Aprender durante toda la vida |
| 9 | Competencia en informática | Idioma extranjero |
| 10 | Capacidad de liderazgo | Responsabilidad ética/profesional |

Table 3. Encuesta a profesores. Escala de niveles de suficiencia esperada en el desarrollo de habilidades CDIO.

| Nivel | Significado |
|-------|--|
| 1 | Haberlo visto o presenciado su uso |
| 2 | Ser capaz de participar en el proceso de usarlo |
| 3 | Ser capaz de entenderlo y explicarlo |
| 4 | Tener práctica en su aplicación o implementación |
| 5 | Poder dirigirlo, mejorarlo o innovarlo |

La encuesta fue respondida por 28 docentes del programa, mayoritariamente de dedicación exclusiva o tiempo completo. Los resultados de la encuesta para cada habilidad CDIO de nivel 2 se muestran en la Tabla 4.

Table 4. Encuesta a profesores. Resultados reportados para el nivel de suficiencia deseado en los estudiantes para habilidades CDIO de nivel 2.

| ID | Habilidad Nivel 2 | Pond |
|----|---|------|
| 1 | Diseño de sistemas | 4,15 |
| 2 | Planteamiento y resolución de problemas de ingeniería | 4,12 |
| 3 | Habilidades y aptitudes personales | 4,12 |
| 4 | Habilidades y aptitudes profesionales | 4,08 |
| 5 | Comunicaciones | 3,96 |
| 6 | Trabajo en equipo | 3,73 |
| 7 | Experimentación y descubrimiento de conocimiento | 3,62 |
| 8 | Pensamiento sistemático | 3,62 |
| 9 | Concepción de sistemas | 3,62 |
| 10 | Idioma extranjero | 3,56 |
| 11 | Implementación de sistemas | 3,44 |
| 12 | Empresa y contexto empresarial | 3,31 |
| 13 | Operación de sistemas | 3,12 |
| 14 | Contexto externo y social | 3,08 |

CDIO - análisis de brechas

Una vez indagada la percepción de egresados y profesores, el propósito principal del estudio fue evaluar las diferencias más destacadas entre las competencias requeridas para el trabajo y las que la Universidad enfatiza durante la carrera. Por lo tanto, para cada una de las competencias analizadas, se estimó la brecha como la diferencia entre los valores promedio de la calificación de la importancia dada por los encuestados. En este sentido, la brecha es (i) *positiva* si la universidad ofrece herramientas para lograr una mejor competencia que la que se requiere para la vida profesional, o (ii) *negativa* si las necesidades de la vida profesional exceden lo que se adquiere en la educación universitaria. Los resultados para este análisis de brechas se muestra en las Figuras 1 y 2 para Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica respectivamente.

Las únicas áreas para las cuales la brecha resultó positiva fueron las competencias relacionadas con la aplicación de conocimientos de física, matemáticas y química. Por otra parte, para las áreas de aplicación de conceptos de ingeniería y la Capacidad de investigación, la brecha es muy cercana a cero, lo cual implica que lo que se aprende durante la educación universitaria es muy cercano a lo necesario.

Por otra parte, las competencias para las que la brecha resultó mayoritariamente deficitaria (negativa) se muestran en la Tabla 5.

Aunque las Figuras 1 y 2 ilustran una situación que podría considerarse dramática, es necesario mencionar que esta situación era muy consistente con los resultados obtenidos en diferentes estudios realizados en diferentes países, por ejemplo, con los del estudio del grupo total de ingenieros químicos de 63 países (WCEC, 2004). En prácticamente todos los casos, las únicas competencias con brecha positiva fueron las relacionadas con conocimientos

Table 5. Competencias más deficitarias

| Orden | Competencia |
|-------|-----------------------------------|
| 1 | Habilidades gerenciales |
| 2 | Gestión de calidad |
| 3 | Enfoque de negocios |
| 4 | Principios de mercadeo |
| 5 | Gestión de proyectos |
| 6 | Principios de análisis financiero |
| 7 | Idioma extranjero |
| 8 | Desarrollo sostenible |
| 9 | Capacidad de liderazgo |
| 10 | Trabajo en equipo |
| 11 | Responsabilidad ética |
| 12 | Enfoque multidisciplinario |

puramente técnicos. Por supuesto, aunque en el año 2008 esta era una tendencia mundial, no resultaba menos preocupante.

Igualmente, la característica común a todas estas competencias deficitarias guarda una estrecha relación con los principios de la reforma académica del año 2007, cuyo espíritu iba más allá de lo estrictamente técnico. En este sentido, la iniciativa CDIO resultó muy adecuada para abordar, de una manera estructurada y sistemática, el problema de un diseño curricular en ambos programas que pudiera fortalecer estas competencias.

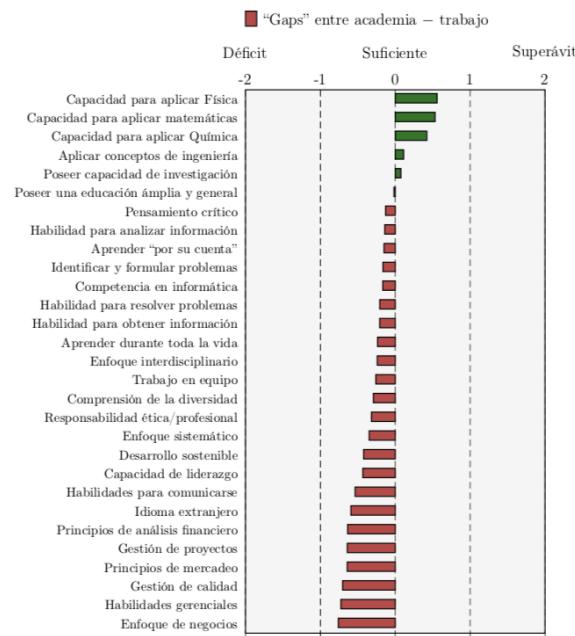


Figure 2. Ingeniería Electrónica: las brechas entre lo que proporciona la Universidad y lo que se requiere en el trabajo. Ordenados de mayor a menor, los valores positivos (barras verdes) representan exceso, mientras que los valores negativos (barras rojas) implican déficit.

CDIO - implementación en el currículo

Como resultado del análisis de brechas, se seleccionaron las habilidades CDIO hasta el nivel 3 para su consideración dentro del plan de estudios de ambos programas. Esta selección se basó tanto en los puntajes dados por los profesores a las distintas habilidades de nivel 2 (Tabla 4) como a las habilidades más deficitarias expresadas por los egresados (Tabla 5). Por su parte, la selección de las habilidades CDIO de nivel 3 se basó en los puntajes obtenidos para cada habilidad, de forma tal que fueron seleccionadas solamente las habilidades que estuvieran por encima del promedio de los puntajes. Esta selección ayudó a acotar el universo de habilidades CDIO de nivel 3 para que coincidieran los niveles deseados por los profesores con las habilidades más deficitarias expresadas por los egresados.

Una vez seleccionadas las habilidades hasta el nivel 3, el nuevo reto consistió en hacer una adecuada distribución de las mismas a lo largo del plan de estudios. Para ello, se definieron dos variables a tener en cuenta en dicha distribución:

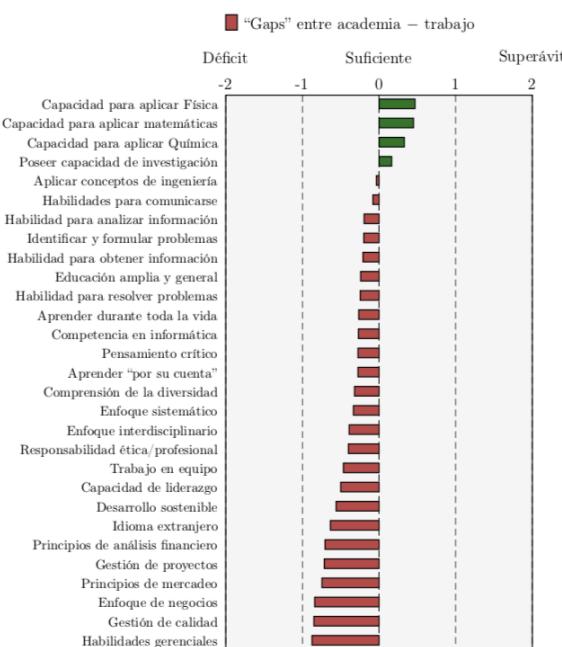


Figure 1. Ingeniería Eléctrica: las brechas entre lo que proporciona la Universidad y lo que se requiere en el trabajo. Ordenados de mayor a menor, los valores positivos (barras verdes) representan exceso, mientras que los valores negativos (barras rojas) implican déficit.

1. **Temporalidad:** consistió en determinar en qué momento de la carrera deben desarrollarse ciertas habilidades. Se optó por dividir la trayectoria académica en cinco períodos, cada uno de un año.
2. **Intensidad:** consistió en saber con qué intensidad debe desarrollarse cierta habilidad. A este respecto, se utilizaron los niveles anteriormente mencionados: introducción (habilidades desarrolladas de forma muy introductoria y casi a nivel informativo), exposición (habilidades formalmente expuestas ante el estudiante

para su futura utilización) y utilización (el uso por parte del estudiante de las habilidades expuestas dentro de las actividades planeadas en las asignaturas).

A su vez, la distribución de estas habilidades se realizó dentro de las agrupaciones de asignaturas previstas en los planes de estudio, dando cobertura exclusivamente a las asignaturas del componente disciplinar del plan de estudios. Este trabajo por agrupaciones permitió definir equipos de trabajo con responsables por cada agrupación, facilitando la comunicación continua que debe existir entre docentes de una misma área de trabajo. Las agrupaciones de asignaturas para ambos programas se muestran en la Tabla 6.

Table 6. Agrupaciones de asignaturas para los programas Ingeniería Eléctrica y Electrónica

| Nombre de las agrupaciones | ID |
|--|----|
| Circuitos y Campos | 1 |
| Señales - Sistemas y Control | 2 |
| Electrotecnia (Conversión, Instalaciones, etc.) | 3 |
| Electrónica o Electrónica Digital y Análoga | 4 |
| Sistemas de Potencia o Comunicaciones y Aplicaciones | 5 |
| Contexto (Introducción a la Ingeniería + Talleres) | 6 |

Ahora bien, dada la identificación (ID) presentada en la Tabla 6 para cada una de las agrupaciones, la Tabla 7 muestra la ubicación de dichas agrupaciones en cada uno de los años de la trayectoria académica (temporalidad).

Table 7. Temporalidad de las agrupaciones por año

| Año | Agrupación |
|-----|------------|
| 1 | 6 |
| 2 | 2,1,4 |
| 3 | 6,1,3,4,2 |
| 4 | 2,4,5 |
| 5 | 5,6 |

De igual forma, las habilidades de nivel 2 se codificaron de acuerdo con el ID que se muestra en la Tabla 4. Posteriormente, se procedió a distribuir las habilidades de nivel 2 en cada agrupación de asignaturas, indicando la temporalidad e intensidad. Esta distribución se realizó para cada agrupación de la Tabla 6. Una muestra de ello se muestra en la Tabla 8 para la agrupación de Electrónica Análoga y Digital, donde, como se mencionó anteriormente, I, E y U corresponden a los niveles de introducción, exposición y utilización. De igual forma, el número para cada habilidad se refiere al ID que se muestra en la Tabla 4. Para mayores detalles sobre la implementación de la estrategia CDIO, el lector puede consultar el trabajo de Gallego (2011).

Con base en la distribución de habilidades CDIO de nivel 2, los docentes de cada asignatura recibieron sus correspondientes matrices (similares a la ejemplificada en la Tabla 8) como insumo para determinar, de las posibles habilidades de nivel 3, cuáles aplicarían y con qué intensidad para cada asignatura. En resumen, el trabajo en cada asignatura se realizó con base en los siguientes pasos:

Table 8. Distribución de habilidades CDIO de nivel 2 en la agrupación Electrónica Digital y Análoga

| Habilidades CDIO nivel 2 (ID) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|----|---|----|-----|----|---|----|----|----|----|----|----|---|
| AÑO 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| 1 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 2 | E | I | x | x | IEU | U | E | x | x | EU | I | x | x | x |
| 3 | E | E | x | x | EU | EU | E | x | x | U | I | x | x | x |
| 4 | E | EU | U | EU | U | U | E | IE | U | IE | x | x | x | x |
| 5 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

1. Replantear los contenidos de la asignatura, estrictamente en lo relacionado con la habilidad CDIO de nivel 1 sobre conocimientos técnicos y razonamiento, i.e., los contenidos relacionados con:
 - (a) Conocimientos de ciencias básicas.
 - (b) Conocimientos y métodos de ingeniería básica.
 - (c) Conocimientos y métodos de ingeniería eléctrica e ingeniería electrónica.
2. Documentar los cambios realizados en los contenidos y metodologías a raíz de la reforma académica.
3. Seleccionar, con su respectiva intensidad, las habilidades de nivel 3.
4. Formular objetivos de aprendizaje basados en las habilidades de nivel 3 que se pretende desarrollar. En esta formulación de objetivos, se usó la taxonomía de Bloom (Anderson and Krathwohl, 2001) para seleccionar una serie de verbos que guardaban una estrecha relación con el nivel de intensidad de las habilidades de nivel 3. De igual manera, estos objetivos fueron redactados de forma tal que especificaran lo que el estudiante debe estar en capacidad de realizar una vez finalizada la asignatura.
5. Formular la metodología a seguir. Esta formulación incluye una descripción de las actividades a desarrollar durante la asignatura, especificando los objetivos y las habilidades de nivel 3 que se pretende desarrollar en cada una de ellas, i.e., un mapa conceptual de cada actividad y las habilidades que se pretende desarrollar.

Programa COMFIE de acompañamiento a estudiantes

Paralelo al proceso de diseño curricular, se hizo necesaria la implementación de una estrategia que acompañe a los estudiantes durante su adaptación a la vida universitaria una vez ingresan a los programas. Para ello, se constituyó un equipo interdisciplinario entre la Facultad de Ingeniería, el Departamento de Psicología y la División de Salud Estudiantil desde la Dirección de Bienestar de la Sede Bogotá, el cual formuló el proyecto denominado *COMFIE - un estudio en promoción de la salud desde la práctica académica en ingeniería. Fases I-IV*. Con el respaldo de algunos profesores de los Departamentos de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica y de Ingeniería Química y Ambiental, y con el liderazgo de la psicóloga Nohora Acuña, este proyecto desarrolló un estudio longitudinal con cuatro cohortes de estudiantes admitidos, logrando, entre otros, los siguientes resultados:

1. Se logró implementar una metodología que estuviera articulada con los contenidos disciplinares, a la par del desarrollo de estrategias de enseñanza para apoyar el proceso formativo del estudiante. Para ello, se seleccionó la asignatura Introducción a la Ingeniería como eje de la implementación, con el propósito de que las acciones de acompañamiento estuvieran debidamente articuladas al proceso académico *intra aulas*. Incluso, estas reflexiones dieron origen a que el trabajo en esta asignatura tuviera una mayor intensidad. Por ello, desde la lógica del diseño curricular, se decidió que esta asignatura tuviera el mayor número de créditos en el primer semestre para los estudiantes de ambos programas.
2. Más allá de los objetivos temáticos disciplinares de la asignatura, el desarrollo de competencias transversales tales como (i) el trabajo en equipo y (ii) la comunicación oral y escrita pasó formalmente a hacer parte de los objetivos del curso, considerando indispensable el acompañamiento docente alrededor de actividades específicas, junto con sus correspondientes criterios de evaluación.
3. La autoevaluación de los estudiantes precisó las competencias a trabajar. Se evaluó a los estudiantes de ingreso mediante dos instrumentos diseñados por el equipo gestor, denominados *Cuestionario estudiantes primer semestre* y *Cuestionario de estilo de afrontamiento*. En otras palabras, la selección de las competencias a desarrollar tuvo en cuenta las necesidades señaladas tanto por el estudiante como por el equipo investigador.

Una vez realizada la implementación de COMFIE, se compararon las tasas de deserción de los grupos intervenidos (cohorte 2008-II, 2009-I y 2009-II) con las de los grupos de control (cohorte 2006-II, 2007-I y 2007-II), observando una tendencia decreciente en las tasas de deserción en el grupo intervenido, lo cual evidenció que la estrategia fue exitosa en su propósito de acompañamiento estudiantil en el marco de un proceso de formación más allá de los contenidos disciplinares, es decir, de una formación integral. De hecho, esta estrategia tuvo un impacto en la cultura de la Facultad de Ingeniería y de la Sede Bogotá, ya que esta estrategia fue posteriormente implementada en los seis restantes programas de la Facultad y en más de 30 programas de la Sede. Para mayores detalles sobre la implementación de la estrategia COMFIE, el lector puede consultar [Acuña et al. \(2011\)](#).

En conclusión, entre los años 2008 y 2012, la iniciativa CDIO fue el enfoque educativo adoptado para abordar las habilidades deficitarias con respecto a nuestros egresados, en consonancia con los nuevos retos que imponían los principios promulgados por la reforma académica del año 2007. Esta iniciativa, mediante un marco estructurado y sistemático, nos sirvió (como área curricular) para identificar las habilidades que era necesario fomentar en los estudiantes a lo largo del currículo. En otras palabras, la iniciativa CDIO nos ayudó a identificar los qué y dónde de la estrategia de diseño curricular, a la vez que despertaba la curiosidad por empezar a abordar los cómo de las estrategias de enseñanza y de la evaluación de dichas habilidades, pasos que serían abordados en años posteriores.

La consolidación del Proyecto Educativo del Programa (PEP) - 2012-2016

Durante el período 2012-2016, se continuó con el afianzamiento de la iniciativa CDIO y el programa COMFIE, lo cual tuvo un impacto a nivel de los objetivos educativos de ambos programas, que, en nuestro contexto, representó una reforma curricular de los mismos. Esta declaración de objetivos educativos en el contexto de la iniciativa CDIO se evidencia en los objetivos declarados en el Acuerdo 223 y en el Acuerdo 248 del Consejo Académico del año 2008, donde las palabras *concebir, diseñar, implementar y operar* hacen parte explícita de los objetivos de ambos programas ([Consejo Académico, 2008](#)).

A su vez, durante el año 2012 se promovió una iniciativa institucional desde la Dirección Nacional de Programas Curriculares de Pregrado, cuyo propósito era formalizar los proyectos educativos de todos los programas curriculares de la Universidad Nacional de Colombia ([DIRNALPRE, 2012](#)). En general, el Proyecto Educativo del Programa (PEP) es un documento que contiene los lineamientos, las políticas y los principios que orientan el desarrollo de un programa. Igualmente, se constituye en un instrumento de referencia y navegación, en el marco de un ejercicio académico y argumentativo del *querer ser*. En este sentido, este documento debe explicitar los objetivos educativos del programa curricular y su articulación con las asignaturas previstas en el plan de estudios, de tal forma que se haga evidente tanto el desarrollo de estos objetivos como la evaluación de los mismos ([DIRNALPRE, 2012](#)).

Derivado de la naturaleza y propósitos de este documento, fue necesario realizar una revisión y formalización de las iniciativas en curso, en las cuales se explicitaba el mapeo de los objetivos educativos y de las habilidades CDIO para las distintas asignaturas del plan curricular. Estos mapeos pueden consultarse en los documentos de los proyectos educativos de ambos programas en [Área Curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica \(2013\)](#).

Una vez consolidado el Proyecto Educativo para ambos programas y, reconociendo que el proceso de diseño curricular seguía pautas que cumplían algunos estándares internacionales, los programas empezaron a analizar si era posible lograr un reconocimiento de su dinámica curricular. Los ejercicios de reconocimiento a nivel nacional ya se habían realizado, dado que, para ambos programas, se habían alcanzado las acreditaciones de Alta Calidad ante el Consejo Nacional de Acreditación (CNA). De hecho, existía cierta dicotomía al realizar estos procesos de reconocimiento, pues los modelos de acreditación nacional no estaban adecuados para pensar un diseño curricular por objetivos educativos y, por lo tanto, las reflexiones resultantes sobre el mejoramiento académico de los programas no necesariamente eran tan gobernables ni tan académicas. Consecuentemente, durante el año 2016, luego de ocho años de implementación de la iniciativa CDIO, se empezó a evaluar la posibilidad de lograr una acreditación internacional que estuviera más en sintonía con la dinámica curricular de nuestros programas. Por ello, la acreditación ABET parecía ser una buena alternativa.

El enfoque ABET (2016-2020)

Luego de ocho años de reflexiones sobre la iniciativa CDIO y la consolidación del PEP, parecían haberse alcanzado algunos valiosos acuerdos sobre (i) cuáles habilidades desarrollar y (ii) dónde desarrollarlas a lo largo del currículo. Sin embargo, aún quedaban algunos desafíos en términos de cómo evaluar dichas habilidades, lo cual incluía algunas reflexiones sobre (i) el desarrollo de las actividades en los cursos, orientadas a desarrollar y medir estas habilidades; (ii) las posibles herramientas de evaluación; (iii) la periodicidad en la medición; y (iv) un esquema claro de realimentación y mejoramiento.

Paralelamente, algunos profesores de la Facultad tuvieron la oportunidad de asistir a algunos cursos preparatorios para una posible aplicación a la acreditación internacional ABET, los cuales fueron financiados por iniciativas de la Facultad de Ingeniería y la Dirección Académica de la Sede Bogotá, así como por la Dirección Nacional de Programas Curriculares de Pregrado. En contraste con la Acreditación Nacional de Alta Calidad, estábamos convencidos de que, en nuestros programas, el enfoque de la acreditación ABET basado en objetivos educativos y en lo que acontecía en la dinámica *intra-aulas* brindaba no solo mejores estrategias para nuestras actividades de enseñanza-aprendizaje, sino también un marco sistemático de caracterización y realimentación a los procesos académicos que aseguraba su mejoramiento.

En términos generales, el proceso de evaluación dentro del modelo ABET se puede resumir en dos grandes ciclos: (i) la revisión continua de los objetivos educativos y (ii) la implementación y evaluación de las metas de aprendizaje a lo largo del currículo. La Figura 3 ilustra los dos ciclos de trabajo mencionados, los cuales se desarrollarán en las secciones siguientes.



Figure 3. Ciclos de trabajo en el modelo de acreditación ABET

De las habilidades CDIO a las metas de aprendizaje

Una de las primeras tareas realizadas consistió en hacer una equivalencia entre las habilidades CDIO de nivel 2 y las metas de aprendizaje según ABET (*student outcomes*). Respecto a las metas de aprendizaje, es importante tener en cuenta que esta equivalencia empezó con un modelo denominado A-K (conjunto de 11 metas o *outcomes* enumeradas con una letra entre A y K). Dichas metas

Table 9. Metas de aprendizaje (*outcomes*) adoptadas para el modelo ABET en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

| Id | Meta de aprendizaje |
|----|---|
| 1 | Una habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas. |
| 2 | Una habilidad para aplicar el diseño en ingeniería para generar soluciones a necesidades específicas considerando factores económicos, sociales, culturales y medio ambientales. |
| 3 | Una habilidad para comunicarse efectivamente con un rango de audiencias. |
| 4 | Una habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en ingeniería y hacer juicios informados que reconozcan el impacto social, económico y medioambiental de las soluciones propuestas. |
| 5 | Una habilidad para funcionar como parte de un equipo cuyos miembros provean liderazgo, ambientes inclusivos y colaborativos, generen metas y planes de trabajo, y cumplan con los objetivos propuestos. |
| 6 | Una habilidad para desarrollar y conducir experimentos, analizar e interpretar datos y utilizar juicios de ingeniería para sacar conclusiones. |
| 7 | Una habilidad para adquirir y aplicar nuevo conocimiento (cuando se requiera) usando estrategias apropiadas de aprendizaje. |

terminaron reagrupadas en siete metas de aprendizaje, de acuerdo con el nuevo modelo de acreditación de ABET. En general, este mapeo fue posible dado que existía un alto grado de correspondencia en lo que proponían la iniciativa CDIO y el modelo ABET.

Otra de las tareas importantes consistió en determinar cómo se iba a caracterizar el nivel de logro de estas metas, para lo cual se determinaron un conjunto de indicadores de desempeño (*performance indicators*) mediante el acuerdo conjunto de los docentes de los programas de Ingeniería Electrónica y Electrónica. Este paso fue bastante significativo, pues requirió reconocer lo que se consideraba importante en cada habilidad y, por lo tanto, lo que era gobernable en nuestros cursos. Consecuentemente, estos indicadores requerían el diseño de actividades específicas. El conjunto de metas en el modelo del 1 al 7 se muestra en la Tabla 9.

Sobre los objetivos educativos de los programas

De acuerdo con los ciclos de trabajo del modelo ABET, los programas deben contar con una revisión continua de sus objetivos educativos. Esta revisión se realiza conjuntamente con los denominados *stakeholders* que, para el caso de ambos programas, estuvieron constituidos por (i) estudiantes, (ii) profesores, (iii) egresados, (iv) empleadores y (v) un comité asesor externo. A este respecto, el comité asesor externo representó una de las principales novedades dentro del proceso, ya que se requirió constituir un cuerpo colegiado compuesto por asociaciones de egresados, empleadores y egresados para que realizaran una realimentación sobre los objetivos y la dinámica curricular de los programas.

Este nuevo hito llevó a ambos programas a realizar una revisión de los objetivos del programa, el cual inició en octubre de 2019 mediante un taller con egresados y empleadores, donde se recibieron algunas observaciones

Table 10. Relación entre los objetivos educativos del programa y las metas de aprendizaje ABET.

| Objetivos educativos del programa (PEOs) | Metas de aprendizaje |
|--|----------------------|
| Los graduados de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá serán ciudadanos integrales y profesionales que: | |
| I. Aplicarán conocimientos científicos, tecnológicos y administrativos en la concepción, diseño e implementación de soluciones a problemas de ingeniería eléctrica y electrónica, considerando criterios de sostenibilidad social y ambiental. | 1, 2 y 6. |
| II. Contribuirán a la solución integral de problemas en ingeniería mediante el liderazgo y la comunicación efectiva en equipos multidisciplinarios. | 3 y 5. |
| III. Aplicarán habilidades de aprendizaje permanente ante las dinámicas sociales, económicas y tecnológicas, reconociendo las responsabilidades éticas de su ejercicio profesional. | 4 y 7. |

sobre las necesidades del sector externo que no estaban cubiertas explícitamente en los planes de estudio, entre las cuales se destacaron (i) el desarrollo de habilidades de diseño que incluyeran restricciones no solamente técnicas o económicas, sino también sociales y medio ambientales; (ii) la adquisición de habilidades transversales para desenvolverse en ambientes laborales; y (iii) la importancia de la ética en la ingeniería y la capacidad de resolver conflictos en contextos organizacionales.

Paralelamente, se llevaba un proceso de reflexión por parte del cuerpo docente sobre los objetivos del programa, a la luz de las metas de aprendizaje que habían empezado a caracterizarse y evaluarse formalmente desde el año 2018 en ambos programas. En este sentido, al cotejar los objetivos del PEP con el enfoque ABET, no necesariamente existía una adecuada alineación académica. Por ello, a principios del año 2020 se ajustaron los objetivos del programa por medio de los Acuerdos 181 y 182 del Consejo Académico de forma tal que estuvieran alineados con las metas de aprendizaje del modelo ABET ([Consejo Académico, 2020](#)). Estos nuevos objetivos educativos y su correspondencia con las metas de aprendizaje se ilustran en la Tabla 10, en los que vale la pena destacar que, por primera vez en la historia, son exactamente iguales para ambos programas, lo que constituye un acuerdo común sobre lo que nuestros estudiantes deben alcanzar independientemente del programa en el que estén.

Sobre la evaluación de las metas de aprendizaje

Uno de los principales desafíos en este nuevo enfoque consistió en la caracterización de los indicadores de desempeño para cada meta de aprendizaje, lo que implicó una discusión sobre las herramientas de evaluación y la metodología propuesta para la evaluación (*assessment*) del logro de cada una de las metas.

En general, la evaluación se desarrolló en dos modalidades:

1. Una evaluación interna, compuesta por las caracterizaciones realizadas en los cursos mediante el uso de rúbricas, acordándose el uso de una única rúbrica que incluyera todos los *outcomes* y sus

respectivos indicadores de desempeño. En particular, se establecieron cuatro niveles de desempeño para cada indicador: *malo*, *regular*, *bueno* y *excelente*.

2. Una evaluación externa, compuesta por las evaluaciones de los codirectores en las prácticas o pasantías estudiantiles y los resultados de las pruebas SABER Pro, las cuales fueron mapeadas a cada uno de los indicadores de desempeño propuestos.

Una vez establecidas las metas de aprendizaje y sus correspondientes indicadores de desempeño, se inició un ejercicio piloto durante el año 2017, en 15 cursos y con 49 indicadores. De este ejercicio inicial, se reformularon varias instancias del proceso para hacer sostenible el proceso, lo cual llevó a una medición realizada durante cuatro semestres (años 2018 y 2019) con 24 indicadores.

Por su parte, otro de los criterios a adoptar consistió en el nivel de adquisición (*attainment*) con el cual ambos programas consideraban que los objetivos se habían alcanzado. En este sentido, se estableció que el 70 % de los estudiantes debía alcanzar los niveles *bueno* o *excelente* para que estas habilidades fueran consideradas como *adquiridas satisfactoriamente* dentro del proceso.

Resultados de la autoevaluación ABET

Una vez realizadas las caracterizaciones durante cuatro semestres, se procedió al análisis de cada indicador de desempeño y su correspondiente *assessment*. La Tabla 11 muestra los principales resultados para cada meta de aprendizaje (*outcome*). Algunas de estas fortalezas y desafíos serán comentados en la siguiente sección.

Ahora bien, más allá de los resultados en sí, vale la pena destacar su particular naturaleza. A diferencia de otros modelos de acreditación, incluida la acreditación nacional del CNA, el tenor de los desafíos obtenidos es completamente gobernable y profundamente académico. Dichas características, que pueden considerarse menores, son especialmente significativas. Consecuentemente, las propuestas de planes de mejoramiento originadas a partir de esta evaluación son, en su gran mayoría, desarrolladas por los docentes en las actividades curriculares durante sus cursos. Estas características facilitan la mitigación de las debilidades académicas detectadas, ya que su mejoramiento depende enteramente de nuestro quehacer académico *intraulas*, a expensas de otras iniciativas que no necesariamente suelen ser gobernables.

Experiencias de la visita ABET

Un esquema cronológico de los procesos llevados a cabo dentro de la acreditación ABET en los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica se muestra en la Figura 4. Como puede observarse, la aplicación a la acreditación ABET comienza con un paso denominado *Readiness Review*, el cual tuvo lugar en octubre de 2019 y tiene por objeto determinar si los programas son acreditables ante la agencia acreditadora ABET.

Una vez superada esta evaluación preliminar, donde ambos programas fueron valorados como acreditables, se procedió a enviar el informe de autoevaluación para efectos de acreditación en junio de 2020. Posteriormente, la visita

Table 11. Resultados obtenidos para cada resultado de aprendizaje durante el proceso de acreditación ABET

| Metas | Resultados más relevantes |
|-------|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado en caracterizaciones internas. - Necesidad de mejorar habilidades de acercamiento y uso de modelos considerando incertidumbre y falta de información. - A partir de SABER Pro, se evidencia un bajo desempeño en interpretar información para abordar problemas y formular soluciones estratégicas. - En los problemas de ingeniería planteados a lo largo del currículo, es necesario considerar un grado de multidimensionalidad en las soluciones propuestas por los estudiantes. |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado, excepto para los indicadores PI-1 y PI-2 en las caracterizaciones internas del 2019. - Necesidad de reforzar habilidades para proponer alternativas de solución, para identificar restricciones, para seleccionar instrumentos de medición y para evaluar el cumplimiento del diseño con los requerimientos, todo considerando factores sociales, ambientales, económicos, entre otros del contexto colombiano. - Los resultados de SABER Pro muestran un nivel por debajo del esperado (<i>attainment</i> de 60 % aprox.). |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado en caracterizaciones internas, excepto para el indicador relacionado con comunicación oral en inglés. - A partir de los resultados de SABER Pro, se observa un nivel alto (B1 y B2) en comunicación escrita en inglés. - A partir de los resultados de SABER Pro, se detectó la necesidad de reforzar las capacidades de argumentación en documentos no técnicos en español. |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado en caracterizaciones internas - A partir de los resultados de SABER Pro y de la evaluación de la práctica estudiantil, se detectan oportunidades de mejora para reconocer las responsabilidades éticas (lo cual concuerda con las recomendaciones de empresarios y egresados). - Oportunidades de mejora en la forma de realizar la implementación y evaluación, a partir de la revisión de indicadores que apunten directamente a ética y de la re-evaluación de los cursos en donde se medirá esta meta de aprendizaje. |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado en caracterizaciones internas, con niveles excepcionales. - El resultado es una consecuencia de la implementación de la estrategia de CDIO en la Facultad, que incluye actividades a lo largo del currículo. - Acciones para mantener el desempeño y considerar no solo la co-evaluación, sino también la hetero-evaluación en las caracterizaciones. |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado en caracterizaciones internas. A partir de los resultados de SABER Pro, se observa que el nivel esperado no se alcanzó, y es necesario mejorar las habilidades para proponer modelos y predecir fenómenos. - Existe una brecha entre conocer métodos experimentales y aplicarlos, la cual se puede abordar acercando al estudiante al diseño experimental en cursos con prácticas de laboratorio. Esto, desde el inicio de la carrera. |
| 7 | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conformidad (70 %) alcanzado en caracterizaciones internas del 2018. - En el 2019, utilizando una nueva herramienta de medición, se observa que los nuevos indicadores no se alcanzan. Por lo tanto, se deben reforzar habilidades como estrategias de manejo del tiempo, métodos de estudio y planificación de metas de aprendizaje. - Las habilidades de uso de información confiable y pertinente también son susceptibles de mejora. Las estrategias de aprendizaje continuo y pensamiento creativo no son fáciles de medir de forma objetiva. |

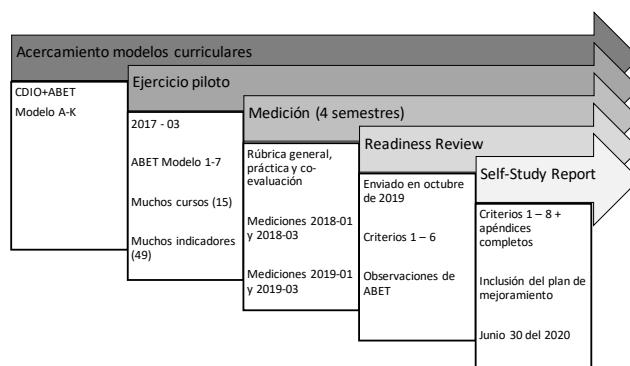


Figure 4. Visión cronológica de procesos dentro de la acreditación ABET de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica

tuvo lugar entre el 17 y el 19 de noviembre de 2020, en modalidad virtual debido a la pandemia de COVID-19. Para esta visita, la agencia ABET designó a tres pares, uno de ellos como coordinador de la visita (*chairman*) y un par encargado de la revisión de cada programa, todos ellos con una trayectoria académica de excelencia en universidades estadounidenses de primer nivel y con amplia experiencia como pares evaluadores en acreditaciones ABET.

Algunas de las experiencias más relevantes durante esta visita son las siguientes:

- La visita inició un mes antes de la fecha destinada. En este modelo de acreditación, la revisión del material por parte de los pares evaluadores comienza un mes antes de la fecha formal, y se estableció contacto con el equipo coordinador por parte de la Universidad Nacional de Colombia. Durante este período, se despejaron algunas inquietudes que tenían los pares evaluadores sobre los informes de autoevaluación enviados, y se entendió que la visita formal constituye la parte final de este proceso, en donde hay interacción con otros actores diferentes al equipo coordinador. Este proceso aseguró un conocimiento detallado por parte de los pares evaluadores de los informes de autoevaluación y, por lo tanto, una evaluación muy objetiva y rigurosa del programa curricular.
- Debido a la modalidad virtual, fue necesario crear un repositorio debidamente organizado con las evidencias del logro de las metas de aprendizaje. Estas evidencias se componen de muestras de trabajos realizados por los estudiantes y sus correspondientes rúbricas de evaluación, con el propósito de que los pares evaluadores puedan verificar el logro de las metas de aprendizaje. Esta revisión exhaustiva de las evidencias constituye un elemento diferenciador comparado con las acreditaciones nacionales.
- Fue necesario virtualizar los numerosos espacios de infraestructura con los que cuentan los programas curriculares. Para ello, se realizaron más de 20 videos mostrando los espacios de docencia, los laboratorios y otros espacios académicos (Área Curricular de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, 2020).

- A pesar de que el modelo se venía implementando y la mayoría de profesores ya tenía una familiaridad con el proceso, la preparación para la visita fue muy rigurosa. Para ello, se realizaron numerosas reuniones, donde se aseguraba que los profesores conocieran enteramente el modelo de acreditación y la participación de cada docente en los procesos de caracterización de las metas de aprendizaje y su correspondiente evaluación. Incluso, se desarrollaron varios instrumentos de evaluación virtual para lograr una preparación adecuada.
- Los aspectos relacionados con la seguridad industrial en los laboratorios y, en general, en todos los espacios académicos, constituyó un desafío para el programa. Dentro de este modelo de acreditación, la seguridad en las instalaciones es tan importante como las metas de aprendizaje, lo cual constituye un elemento diferenciador con respecto a los modelos de acreditación nacional. Para ello, se llevaron a cabo varias implementaciones en términos de guías de seguridad, señalización y disposición de equipos para la mitigación de riesgos ocupacionales, de incendio y, en particular, de riesgos eléctricos en los espacios de laboratorio.
- Los tiempos de evaluación y realimentación sobre el programa eran precisos y de obligatorio cumplimiento. Una vez terminada la visita, se brindaron observaciones específicas sobre las debilidades encontradas en el programa, y se advirtió que el programa tendría un plazo de 30 días para demostrar acciones tempranas de mejoramiento que reflejaran compromiso por su mitigación. Estos tiempos se cumplieron a cabalidad y permitieron al programa llevar una trazabilidad real de su proceso continuo de mejoramiento. En el marco del proceso de acreditación de los programas curriculares, una vez transcurren estos 30 días, el programa debe haber entregado el detalle de las acciones emprendidas para su mejoramiento, y seis meses después se recibe la decisión final. En nuestro caso, a principios de agosto de 2021 se recibió oficialmente la decisión por parte de ABET, según la cual ambos programas fueron acreditados, *i.e.*, desde el año 2018 hasta 2023 para el caso de Ingeniería Electrónica y hasta el año 2025 para el caso de Ingeniería Eléctrica. En el caso de Ingeniería Electrónica, se brindó la posibilidad de extender la acreditación hasta 2025, luego del envío de unas evidencias adicionales solicitadas por la agencia.

Futuros desafíos curriculares

Sin lugar a dudas, el logro de esta acreditación internacional es la recompensa a un proceso que empezó más de 10 años atrás, en el marco de un esfuerzo genuino por lograr mejoras curriculares en ambos programas. En este periodo se han alcanzado varias mejoras (Tabla 11) y se han identificado otras oportunidades de mejoramiento, las cuales se destacan en estos párrafos finales.

Una de las grandes fortalezas identificadas por los pares evaluadores fue el de lograr abordar adecuadamente el aspecto de problemas complejos en ingeniería. Este aspecto posee una definición formal en el modelo ABET,

cuyas características tienen que ver mayoritariamente con los enfoques interdisciplinarios a los problemas de ingeniería. En este sentido, la asignatura Taller de Proyectos Interdisciplinarios (TPI), cuya implementación se origina como respuesta al principio de interdisciplinariedad propuesto durante la reforma académica de 2007, fue reconocida como la principal fortaleza de nuestros programas curriculares. Estamos convencidos de que esta apuesta por abordar los problemas reales de nuestras comunidades con enfoques de ingeniería ampliamente multidisciplinarios representa el camino adecuado hacia una formación integral y socialmente pertinente.

Por otra parte, uno de los principales desafíos consiste en la formalización del desarrollo de las habilidades de diseño en ingeniería a lo largo del currículo. Si bien existe una experiencia final de diseño en ambos programas, aún falta realizar un trabajo adicional sobre el desarrollo de las habilidades de diseño, no solo en los últimos semestres, sino también a lo largo del currículo en asignaturas ya existentes, como es el caso de los Talleres de Ingeniería.

Otra de las oportunidades de mejoramiento consiste en incorporar el aspecto de la multidimensionalidad en los problemas de ingeniería abordados durante el currículo. Si bien ya existe el TPI, no necesariamente todos los problemas abordados en esta asignatura están directamente relacionados con ingeniería eléctrica y electrónica. Por ello, sería conveniente incluir este enfoque multidimensional, donde se aborden contextos medioambientales, sociales y culturales en algunos de los problemas típicamente disciplinarios del plan de estudios.

A su vez, una de las oportunidades de mejoramiento detectadas tiene relación con la inclusión formal de la incertidumbre o datos faltantes en la formulación de problemas dentro de nuestros contenidos programáticos. De hecho, en el caso de Ingeniería Eléctrica, una de las exigencias sobre las cuales se debe trabajar consiste en la formalización de aplicaciones de probabilidad y estadística a problemas puramente disciplinarios, lo cual constituye una oportunidad única para abordar los elementos relacionados con el concepto de *incertidumbre*.

Igualmente, otra de las oportunidades de mejoramiento está relacionada con la formalización de conceptos relacionados con la teoría de diseño de experimentos y del análisis de datos, las cuales pueden hacer parte de la oferta temática ofrecida en algunos cursos relacionados con prácticas de laboratorio o libre experimentación, como es el caso de los Talleres de Ingeniería.

Finalmente, las experiencias curriculares descritas en el presente artículo hacen parte del esfuerzo colectivo de un grupo docente bastante inquieto por el diseño y la evaluación curricular. Una muestra de este genuino interés es la obtención de la acreditación internacional ABET, para la cual fue necesario un trabajo juicioso y riguroso de más de una década, en la que nunca se medió obligación alguna como respuesta al interés del gobierno universitario. Por el contrario, la principal motivación consistió en una iniciativa propia por el mejoramiento continuo de nuestros procesos académicos. Por ello, los autores de este artículo desean agradecer explícitamente a todo el cuerpo docente del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica por este esfuerzo colectivo en la conmemoración de sus 60 años de existencia, así

como a los estudiantes, empresarios, egresados y en general toda la comunidad académica y administrativa que apoyó las diferentes etapas de este camino.

Declaración de contribución de los autores

Todos los autores: conceptualización, metodología, análisis formal, investigación, escritura, edición y revisión, tratamiento de datos y supervisión y administración del proyecto.

References

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) (2021). *Setting the standard worldwide*. <https://www.abet.org/accreditation/>
- Acuña, N., Díaz H., and Ramírez-Echeverry, J. J. (2011). *Integrating competence development into the curriculum - Engineering first year diagnostic and experience* [Conference presentation]. IEEE EDUCON Education Engineering 2011, Amman, Jordan. <http://dx.doi.org/10.1109/EDUCON.2011.5773133>
- Anderson, L. W., and Krathwohl, D. R. (Eds.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition*. Longman.
- Área Curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (2013). *PEP - Proyecto Educativo del Programa Ingeniería Eléctrica - Sede Bogotá*. Dirección Nacional de Programas de Pregrado. http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/pep/pep_2_15.pdf
- Área Curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (2013). *PEP - Proyecto Educativo del Programa Ingeniería Electrónica - Sede Bogotá*. Dirección Nacional de Programas de Pregrado. http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/pep/pep_2_45.pdf
- Área Curricular de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica (2020). *Espacios físicos de los Programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá*. <https://ingenieria.bogota.unal.edu.co/es/formacion/pregrado/ingenieria-electronica.html#info-espacios>
- Consejo Académico (2008). *Acuerdo 223 de 2008. Por el cual se modifica la estructura del plan de estudios del programa curricular de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, para ajustarse al Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario*. http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=34432
- Consejo Académico (2008). *Acuerdo 248 de 2008. Por el cual se modifica la estructura del plan de estudios del programa curricular de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, para ajustarse al Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario*. http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=34469
- Consejo Académico (2020). *Acuerdo 181 de 2020. Por el cual se modifican los objetivos educativos del programa curricular de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*. http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=95468
- Consejo Académico (2020). *Acuerdo 182 de 2020. Por el cual se modifican los objetivos educativos del programa curricular de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*. http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=95469
- Consejo Superior Universitario (CSU) (2007). *Acuerdo 033 de 2007*. http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=34245
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., and Edstrom, K. (2006). *Rethinking engineering education. The CDIO approach*. Springer.
- Diamond, R. M. (2008). *Designing and assessing courses and curricula: A practical guide*. Jossey-Bass.
- Díaz, H. (2008). *Cuáles competencias requieren los Ingenieros?. Cuáles enfatiza la Universidad?*. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Dirección Nacional de Programas de Pregrado de la Universidad Nacional de Colombia (DIRNALPRE) (2012). *Guía para consolidar el Proyecto Educativo de Programa - PEP*. http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/acreditacion/general/Guia_PEP_2012.pdf
- Gallego, L. (2011, October 17-19). *The CDIO approach: Implementation in Electrical and Electronics Engineering curricula* [Conference presentation]. The North American CDIO International Meeting - Innovations in Engineering Education Pedagogy, Stanford, CA, USA.
- Kennedy, T. (2006). *The value-added approach to engineering education: An industry perspective*. *The Bridge - National Academy of Engineering*, 36, 14-16.
- Mejía, A. (2011). *Ingeniería eléctrica en la ciudad universitaria. Cincuenta años realizando sueños*. https://ingenieria.bogota.unal.edu.co/images/userupload/640/50AC3B1os_realizando_sueC3B1os_fe38f.pdf
- National Academy of Engineering (NAE) (2005). *Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the New Century*. National Academies Press.
- Tadmor, Z. (2006). *Redefining engineering disciplines for the twenty-first century*. *The Bridge - Washington-National Academy of Engineering*, 36(2), 33-37.
- The Boeing Company (1996). *Desired attributes of an engineer: Participation with universities*. <http://www.boeing.com/companyoffices/pwu/attributes/attributes.html>
- Vest, C. (2006). *Educating engineers for 2020 and beyond*. *The Bridge - National Academy of Engineering*, 36, 38-47.
- Vicerrectoría Académica (2012). *Guía para consolidar el Proyecto Educativo del Programa - PEP*. Dirección Nacional de Programas Curriculares de Pregrado. http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/acreditacion/general/Guia_PEP_2012.pdf
- World Chemical Engineering Council (WCEC) (2004). *How does chemical engineering education meet the requirements of employment?*, Frankfurt.
- Wulf, W. A. (1998). *The urgency of engineering education reform*. *The Bridge - National Academy of Engineering*, 28, 48.