

Breve reseña de la educación en ingeniería



Por: Heberto Tapias García

El ser humano, por naturaleza, es ingeniero. Es un procesador de datos e información para aprender e interactuar en el mundo. Esta capacidad natural le ha permitido crear artefactos y medios para su supervivencia, reproducción y desarrollo de sus empeños y

sueños; es decir, le ha posibilitado hacer ingeniería.

La ingeniería, como conjunto de conocimientos y prácticas para disponer de materiales, objetos simbólicos y de las fuerzas de la naturaleza en la realización de las necesidades humanas, es milenaria. Ella ha acompañado a la humanidad desde las primeras civilizaciones conocidas. Algunos autores asocian sus comienzos con la aparición de la agricultura, la domesticación de animales y la construcción de refugios y viviendas; y señalan a los artesanos como los predecesores de los ingenieros, con conocimientos y calificaciones especializadas para realizar sus labores, debido a la división del trabajo en las primeras ciudades.

Evidencias históricas de realizaciones de la ingeniería las encontramos en vestigios antiguos en las civilizaciones mesopotámicas, egipcias, chinas, griegas y romanas. En todas ellas se presupone un estado de conocimientos y prácticas específicas, es decir, una tecnología, como medios que usa la ingeniería para concebirlas, diseñarlas y materializarlas. Y así como ha evolucionado la tecnología, como lo evidenciamos hoy en las actividades humanas donde se usan sus artefactos, igualmente lo ha hecho la ingeniería y la manera como se educan los ingenieros. No solo han cambiado los conocimientos y calificaciones que usan en sus creaciones, sino también la naturaleza de los objetos, las actividades y contextos donde interviene.

La educación formalizada en ingeniería con propósitos de aplicaciones civiles y desarrollos industriales, emerge en Francia en el siglo XVIII, con la creación de la primera escuela de ingeniería civil, La Ecole Nationale des ponts et Chaussée, como una rama de la ingeniería militar, en 1747 en la ciudad de París. Educación en ingeniería desarrollada y promovida a través de la École Polytechnique en 1792, con la idea básica de que la teoría matemática y principios generales de las ciencias formarían la base para mejorar la tecnología, desplazándose del nivel de experiencia basado en destrezas y prácticas a un nivel superior con mayor conocimiento práctico.

La educación formal en ingeniería se difundió a Europa y Estados Unidos de formas diferentes. En Europa se crearon dos tipos de instituciones con dos modelos de énfasis de entrenamiento diferentes, concomitantes con las escuelas técnicas, para la formación de la fuerza laboral que requería la difusión de la revolución industrial y las siguientes revoluciones tecnológicas. Un modelo de educación con énfasis en el entrenamiento práctico, en colegios técnicos, dirigido a artesanos iniciados y con vinculación a la industria; y otro, llevado a cabo en universidades técnicas, de educación académica con énfasis teórico. Y en Estados Unidos, prevaleció un modelo que enfatizó la orientación práctica, con menos énfasis en matemáticas y ciencias, y que permaneció hasta la II guerra mundial cuando se incorporó una base científica de ingeniería o ciencias de ingeniería en la formación de los ingenieros.

Las dos aproximaciones, con énfasis teórico o entrenamiento práctico, condujeron a distintas estructuras institucionales de ingeniería técnica e ingeniería de base científica, y a perfiles diferenciados de sus egresados. Modelos con los que se educaron ingenieros técnicos para participar en desarrollos tecnológicos, como resultado de su calificación práctica, y que jugaron un papel importante en la industrialización de finales del siglo XIX; pero también,



ingenieros entrenados académicamente para asumir roles como innovadores y constructores de nuevos sistemas en las nuevas tecnologías.

Las dos orientaciones, educación basada en ciencias y entrenamiento en calificaciones prácticas, no estuvieron libres de tensiones desde el comienzo. Conflictos que aún perduran, a los que se la han dado soluciones diferenciadas, y que han posibilitado que la ingeniería se mantenga como una profesión homogénea con identidad internacional bien definida.

Muchas disciplinas de ingeniería se desarrollaron desde una etapa que podría calificarse de enciclopédica, dominada por representaciones descriptivas de ejemplares tecnológicos, a una etapa científica basada en teoría más abstracta. Etapa que agregó el poder de representaciones matemáticas y generalizaciones, pero que sacrificó las experiencias concretas y conocimiento basado en la práctica integrado en soluciones técnicas específicas. Evolución que distanció la educación del ingeniero de la experiencia y práctica de ingeniería necesaria en su formación.

A finales del siglo XIX aparecieron las ramas de ingeniería mecánica, química y eléctrica, asociadas al avance de grandes empresas productoras de materiales, equipos y bienes de consumo. Evolución y especialización en otras áreas tecnológicas que proliferó en el siglo XX y se mantiene en el XXI, en ámbitos de disciplinas técnicas especializadas emergentes con las nuevas tecnologías TIC's, e hibridaciones de estas con disciplinas más maduras, y hasta combinaciones sugestivas de las ramas clásicas de ingeniería con las ciencias fácticas y formales, que cuestionan la identidad de la profesión.

Uno de los cambios históricos más relevante en la transformación de la ingeniería, lo constituyó el desarrollo de ciencias aplicadas o ciencias técnicas de ingeniería, derivado del incremento de fondos públicos y militares para investigación durante la II guerra mundial. Y en la época de la posguerra, la financiación de estudios básicos en una variedad de áreas de conocimiento apoyó la idea de alejarse de la educación e investigación orientada a la práctica. Los resultados visibles en semiconductores, aerodinámica de alta velocidad y computación, confirmaron que la física y la matemática conducidas en un ambiente de laboratorio podían abrir nuevas fronteras tecnológicas.

Para mediados de los años 60, muchas facultades de ingeniería hicieron la transición a un estilo más analítico y científico en la enseñanza en ingeniería; cambio estimulado por la formalización de concejos científicos y grandes programas de investigación, financiados por el gobierno, orientados a la utilización pacífica de tecnologías desarrolladas durante la II guerra mundial.

En las décadas de la posguerra se identificó la ingeniería de sistemas y el pensamiento sistémico como herramientas de ingeniería ampliamente aplicables. Con este nuevo paradigma, aparecieron y se aplicaron ciencias de sistemas que incluyen: teoría de sistemas, teoría de control, investigación de operación, dinámica de sistemas y cibernética, entre otras; que condujeron a los ingenieros a concentrarse en la construcción de modelos analíticos de sistemas a pequeña y gran escala, generalmente haciendo uso de nuevas herramientas que proporcionaba los computadores digitales y las simulaciones.

La perspectiva de sistemas en la ingeniería desencadenó un movimiento más amplio, que consideró que esas herramientas podrían finalmente proveer las bases teóricas para toda la ingeniería. Contribuciones que van más allá de los principios básicos de las ciencias naturales. Igualmente, las nuevas ideas de sistemas de los años 80 y los 90 se enfocaron en la relación entre tecnología y su contexto industrial y social, desarrollada en el campo de los estudios sociológicos de ciencia y tecnología, que se tradujo en la noción de la ingeniería como tecnociencia.



Los dos modelos de educación en ingeniería en Europa resultaron convergiendo, alrededor de los 90, con la expansión de las disciplinas técnicas y cambios en los currículos de ingeniería en los colegios técnicos. Cambios que incluyeron mejoras en matemáticas y ciencias naturales, por imitación de la base en ciencias del modelo académico de las universidades, mientras conservaron su orientación práctica.

En Estados Unidos la orientación en la educación empezó a retornar hacia la práctica desde la década de los 70. Retorno derivado de la crisis del petróleo, el comienzo del movimiento ambientalista y

otros eventos técnicos y políticos que cambiaron el curso de la tecnología en su contexto social. Regreso al énfasis en la calificación práctica que se profundizó también como resultado de otra crisis, la crisis competitiva de los de los Estados Unidos en los años 80's, conjugada con una nueva orientación de la investigación en las universidades desde lo militar hacia el diseño de productos, desarrollo de productos, y estudios de innovación con más énfasis en problemas prácticos de ingeniería. Estos hechos también estuvieron acompañados de autocríticas en las universidades en contra de un enfoque muy estrecho de la enseñanza en ciencia, y ausencia de competencias en ingeniería y componentes prácticos; lo que generó que algunos programas enfocaran sus soluciones en el ámbito pedagógico, incorporando estrategias de aprendizaje en proyecto y aprendizaje basado en problemas, con los cuales se abordarían aspectos interdisciplinarios de métodos de ingeniería y de solución de problemas, y la integración de elementos teóricos y prácticos necesarios en ingeniería.

Los cambios en las universidades no se redujeron a cambios en el enfoque e incorporación de estrategias; también diversificaron conocimientos disciplinarios en los currículos y ampliaron la oferta de programas especializados de ingeniería, para hacerle frente y seguir en la frontera, en un número creciente de dominios tecnológicos y disciplinas de ciencias técnicas especializadas; generadas como resultados de grandes inversiones en investigación en ingeniería en la industria y en los institutos de investigación y universidades en la segunda mitad del siglo XX.

Los cambios en el desarrollo de disciplinas especializadas no resultaron libres de conflictos. Se identifican dos grandes tensiones. Una primera tensión surge entre el conocimiento en los dominios especializados emergentes, el conocimiento generalizado en ingeniería, y la práctica de ingeniería. Y, una segunda tensión inédita que milita en contra de la homogeneidad de la ingeniería y de su propia identidad, resulta siendo la congestión de conocimientos especializados y el desvanecimiento de las fronteras entre las diversas disciplinas y otras ciencias, que hacen borrosos sus dominios y los límites entre ellas.

Para abordar la congestión, las universidades han ensayado varias soluciones:

- o Aumento en el número y variedad de cursos técnicos.
- o Organización del currículo en estructuras modulares.

- o Expansión del número de especializaciones.
- o Definición de un núcleo de contenido en ciencias y cursos electivos.
- o Reformas pedagógicas basadas en:
 - Trabajo en proyecto
 - Solución de problemas
 - Autogestión de conocimientos

Mientras el entrenamiento en planta y aspectos prácticos de la organización del trabajo estuvieron presentes en las fases primigenias de la educación en ingeniería, las nuevas perspectivas en la formación práctica tienen en cuenta la complejidad actual de las tareas de ingeniería, que demandan habilidades comunicativas, trabajo en equipo y cultura de proyecto, entre otras, como habilidades necesarias en el diseño y las tareas de innovación. En la fase actual, además de la orientación teórica o práctica, son cruciales en el diseño curricular y la práctica pedagógica en ingeniería, la preocupación sobre la dirección del

desarrollo tecnológico, el impacto social y ambiental, y la identidad de la ingeniería.

Para enfrentar el fraccionamiento del dominio de la ingeniería, la tendencia difusa de su identidad y su relación con la dimensión social y humana de la tecnología, las universidades tendrán que repensar la educación. Las reflexiones deben abordar el estado actual del paradigma tecnológico en despliegue y el futuro que se insinúa con los desarrollos en biotecnología, nanotecnología y bioelectrónica; pero también como tendrá que intervenir el ingeniero en su contexto y objetos de trabajo, con qué tipo de conocimientos y con cuáles competencias. Ya se han insinuado algunas líneas guías para estas reflexiones y algunas propuestas.

¿Qué competencias, conocimientos y valores requieren los ingenieros para para la creación y desarrollo de sus artefactos? ¿Qué contenidos específicos en ciencias naturales y formales, tecnológicos especializados, filosóficos, éticos, políticos, y en ciencias sociales y humanas, se deben seleccionar para definir los contenidos de aprendizaje? ¿Cuáles son las estrategias didácticas que posibilitan la adquisición y desarrollo de esos conocimientos?

Ya se han insinuado algunas guías para esas decisiones y algunas propuestas concretas; CDIO es una propuesta y una iniciativa con la que se pretende dar respuestas a esas preguntas para mejorar la educación en ingeniería.

Bibliografía

1. S. Y. Auyang, *Engineering - An endless frontier*, Cambridge: Harvard University Press, 2004.
2. E. F. Crawley y otros., *Rethinking Engineering Education, The CDIO Approach*, New York: Springer, 2014.
3. H. Tapias García, *Un ingeniero para el futuro de Colombia*, COLOMBIA, *Ciencia y Tecnología*, 17(02), 1999, pág. 13-25.
4. A. Valencia Giraldo, *Breve historia de la ingeniería*, *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 20, 2000, pág. 119-136.
5. A. Valencia Giraldo, *La relación entre la ingeniería y la ciencia*. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 31, 2004, pág. 156-174.