

FORMACIÓN EN INGENIERÍA EN ESTADOS UNIDOS: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

John W. Prados. University of Tennessee
Traducción: Pedro D. Lafourcade. - Edición SDI

INTRODUCCIÓN

De modo similar al mundo que nos rodea, la formación en ingeniería ha cambiado dramáticamente en la última mitad del siglo.

En la época en que estuve matriculado como estudiante de primer año, la ingeniería fue, como en la mayoría de las instituciones, una carrera marcadamente práctica, con escasas aplicaciones de las matemáticas, más allá del cálculo elemental y de un marcado énfasis en el diseño, de acuerdo con códigos y con otros métodos muy bien definidos, resumidos en los manuales de tipo standards.

La mayoría de los docentes de ingeniería tenía una significativa experiencia industrial y muy estrechos lazos con la industria.

Sin embargo, en los últimos 10 años, la formación de los ingenieros sufrió una profunda transformación - algo denominado como **cambio de paradigma**-.

Los manuales de métodos tradicionales se tornaron inadecuados para tratar con las demandas de la profesión de ingeniero, impuestas por los nuevos desarrollos tecnológicos de guerra tales como: la energía atómica; el radar; el reactor; el cañón de control antiaéreo; la producción en masa de penicilina; el caucho sintético; el combustible de aviación de alto octanaje; etc.

Para contribuir con éxito a estos desarrollos, se requirió de fundamentaciones más sólidas en matemáticas, ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, de las que se habían planteado en la mayoría de los currícula de pre-guerra.

Probablemente, de mayor significación, fue la decisión del Gobierno Federal de los Estados Unidos, inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, de apoyar de modo marcado, la investigación básica en el país mediante contratos y subsidios a las universidades.

La competencia aeroespacial / militar de la guerra fría, amplió el flujo de fondos federales para investigar, acentuándose la demanda de personal docente en ingeniería, con credenciales académicas en investigación, más bien que en experiencias como prácticos.

Los programas de ingeniería respondieron rápidamente. En la década de los 50 a los 60, la formación en ingeniería, experimentó un verdadero cambio de paradigma, desde una focalización más centrada en la práctica, en lo aplicado, a otro enfoque orientado a las matemáticas, a lo académico, a la "ciencia de la ingeniería".

Los cursos en los talleres de máquinas, el dibujo en mecánica y (con excepción de ingeniería civil) la agrimensura, desaparecieron y fueron reemplazados por ecuaciones diferenciales, teoría del control de sistemas y fenómenos de transporte. En un determinado número de instituciones, se tornó difícil distinguir el denominado currículo de ingeniería del de una ciencia aplicada.

NUEVAS DEMANDAS EN FORMACIÓN EN INGENIERÍA

En los finales del siglo XX, el ámbito de la práctica en ingeniería está cambiando de modo dramático e irreversible, impulsado por una modificación que va, desde la defensa, a la competencia comercial, como un impulsor importante para el empleo de los ingenieros; al impacto de la explosión de la tecnología de la información sobre la formación y sobre la práctica, a la globalización, tanto de la manufactura como del servicio de reparto a domicilio y a los imperativos de la protección ambiental y al desarrollo sostenible.

Pocos estarían en desacuerdo, en cuanto a la afirmación de que el énfasis en las ciencias de la ingeniería, ha producido graduados con marcadas capacidades técnicas.

Sin embargo, estos egresados no están tan bien preparados en otras habilidades necesarias para tener éxito en la práctica de la ingeniería actual y en el desarrollo y gestión de la tecnología innovante.

TODD y otros (1993) [1], han informado acerca de los resultados de una encuesta tomada a empleadores de ingenieros, que resume las percepciones más frecuentemente citadas, acerca de las debilidades de los recientes egresados de ingeniería, entre las cuales se incluyen las siguientes:

- arrogancia técnica
- incomprensión de los procesos de manufacturación
- falta de capacidad o de creatividad para el diseño
- ausencia de valorización de considerar alternativas
- ausencia de apreciación por la variación
- todos presentan déficit para ser analistas
- pobre percepción de los procesos de la ingeniería en el proyecto global
- estrecha visión de la ingeniería y disciplinas relacionadas
- ninguna comprensión de los procesos de calidad
- debilidad en las habilidades de comunicación
- escasa capacidad o experiencia para trabajar en equipos.

Los empleadores comúnmente subrayan que el éxito de un ingeniero está avalado, además de una marcada capacidad técnica, por disponer de adecuadas capacidades en la comunicación y en la persuasión. Además, para conducirse y trabajar de modo efectivo como miembro de algún equipo. Finalmente, para comprender las fuerzas no-técnicas que suelen afectar profundamente las decisiones en su campo, y comprometerse a llevar a cabo un aprendizaje de por vida.

Las características requeridas, han sido muy bien resumidas por McMasters y Lang [2] en un artículo reciente.

Las aludidas características, difícilmente se adquieran con nuestras tradicionales formas de aprender, basadas en la conferencia y en una estructura de recompensas competitiva.

La mayoría de las experiencias educativas comienzan en la escuela primaria, enfatizando el aprendizaje individual y penalizando el trabajo en equipo (lo que denominamos tramposo).

Pero la realidad es que, el primer día de trabajo, el egresado de ingeniería encontrará que deberá trabajar como miembro de un equipo, y que el éxito puede depender, tanto de los esfuerzos combinados de todos los miembros del equipo, como de cualquier individuo.

Los egresados de ingeniería, hoy en día, deberán estar preparados para trabajar de modo efectivo en un equipo orientado a mantener la calidad del medio ambiente.

¿UN SUEÑO IMPOSIBLE?

En realidad, se está requiriendo de un nuevo paradigma para la formación de los ingenieros, caracterizado por un aprendizaje activo basado en los proyectos; por una integración vertical y horizontal de los contenidos de los cursos; por la introducción de conceptos científicos y extraídos de las matemáticas en el marco de los contextos de aplicación; por una íntima interacción con la industria, por un amplio uso de la tecnología de la información; y por docentes consagrados a desarrollar profesionales como consejeros y tutores, más bien que como sabelotodos dispensadores de información.

Una formación en ingeniería basada en esta visión, debería producir egresados, no solamente mejor preparados para satisfacer las necesidades de los empleadores de los ingenieros, sino además, con capacidad para aumentar la motivación y el interés de los estudiantes, con una consecuente reducción de la elevada tasa actual de deserción.

Pero, lo que antecede ¿es un enfoque realista, dada la experiencia de nuestros actuales docentes y de las presiones financieras, que obligan a las escuelas de ingeniería más importantes, a depender marcadamente de financiamientos externos para la investigación, para poder mantener sus puertas abiertas? ¿Estoy describiendo un sueño imposible? ¿Puede uno estructurar una formación en ingeniería, a partir de experiencias en equipo, emergentes de las prácticas, sin proporcionar a los estudiantes las habilidades analíticas requeridas y el conocimiento en las ciencias de la ingeniería? ¿Puede uno encontrar suficiente personal docente en este campo, con interés y capacidad para desarrollar estudios de casos en los niveles adecuados, junto con el apoyo de módulos de enseñanza? ¿Estará la industria dispuesta a dedicar los recursos financieros y humanos necesarios para trabajar con los docentes en el desarrollo y conducción de estudio de casos? ¿Estarán suficientemente dispuestos los docentes de la Facultad, a olvidar su fuerte ego de autoridad como conferenciantes, y en cambio convertirse en tutores? Aún si los docentes están dispuestos, ¿pueden los decanos y los jefes de departamentos permitirles consagrar mucho de su tiempo a esfuerzos que probablemente no aporten fondos extramuros?

CONDUCTORES PARA EL CAMBIO

Las respuestas a estas cuestiones, son aún poco claras, pero un creciente número de individuos está trabajando para desarrollar nuevos modelos educativos que conserven la fuerza del paradigma de la "ciencia de la ingeniería", en tanto que disminuyan sus debilidades.

Un ejemplo inicial, es el proyecto focalizado en el Programa de Ingeniería Clínica, el cual se desarrolló en el College HARVEY MUDD por más de 30 años [3,4].

El modelo fue muy bien recibido por la industria, pero no ha sido ampliamente adoptado por otras instituciones, debido al carácter intensivo del trabajo de sus docentes y a su inconsistencia con la cultura de la investigación académica, que domina las más grandes escuelas de ingeniería de Estados Unidos.

Sin embargo, el movimiento de reforma comenzó a desarrollarse en los 70, con el trabajo de unos pocos docentes visionarios y prácticos [5-7] y obtuvo relevancia en los 80 y los 90, a través de una serie de estudios de organizaciones, tales como el Consejo Nacional de Investigación; la Academia Nacional de Ingeniería; la Sociedad Americana para la Formación en Ingeniería y la Fundación Nacional para las Ciencias [8-26].

Un resultado importante de estos estudios, fue el aumento significativo en inversión, de la última entidad nombrada, vinculada con la reforma educativa en ingeniería.

Entre los mayores impulsores actuales para la reforma de la educación en dicha carrera, se incluyen:

- Los consejos consultivos de la industria, de los colleges y departamentos de ingeniería.
- Las sociedades profesionales de ingeniería, especialmente la Sociedad Americana para la Formación en Ingeniería y la Sociedad de Educación del Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica.
- Las fundaciones privadas, tales como la Fundación F. W. Olin (New Olin College, Needham, M.A.) y la Fundación Lemelson (National Collegiate Inventors and Innovators Alliance).
- La Fundación Nacional para las Ciencias.
- El Consejo de Acreditación para Ingeniería y Tecnología.

Estas organizaciones actúan en una variedad de modalidades para influir en los procesos de formación en ingeniería, tal como se discutirá en los ejemplos siguientes.

JUNTAS CONSULTIVAS

La mayoría de los "colleges" y los grandes departamentos de ingeniería, tienen consejos consultivos industriales, compuestos por ex alumnos y por representantes de compañías que emplean un número significativo de graduados de las instituciones.

De modo tradicional, muchos de estos consejos han funcionado primariamente para asistir al aumento de los fondos reservados, y sólo de modo pasivo en relación con el currículo.

Sin embargo, tales consejos se están volviendo cada vez más activistas, en apoyo de cambios en los programas de educación de las unidades que los mismos aconsejan, y esclarecer bien que, a menos que las reformas curriculares necesarias sean adoptadas, ellos emplearán nuevos egresados de ingeniería, pero de otras instituciones más reaccionantes a los cambios aludidos.

SOCIEDADES PROFESIONALES

Las publicaciones y conferencias de las sociedades profesionales, en particular la Conferencia Anual de la Sociedad Americana para la Formación en Ingeniería y la Conferencia (también anual) Fronteras en Educación, patrocinadas conjuntamente por la Sociedad Americana para la Educación en Ingeniería y la Sociedad para la Educación del Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica, ayudan a los profesores de ingeniería a mantener una clara conciencia de las tendencias en la formación en ingeniería y de técnicas efectivas en relación con la enseñanza.

Las conferencias incluyen, a menudo, talleres en profundidad, con el objeto de ayudar a los docentes de ingeniería, que procuran ser más competentes en la generación de aprendizajes más participativos; en el uso de multimedia; en el apoyo instruccional basado en la "Web"; en proyectos educativos de colaboración con la industria; etc.

El Journal of Engineering Education fue establecido por la Sociedad Americana para la Formación en Ingeniería, a efectos de proporcionar a los docentes de esta carrera, una oportunidad para publicar artículos de calidad, que tratan sobre investigación en el campo de la educación.

Diversas Escuelas de Ingeniería, reconocen a estos artículos, como una contribución aportante a la formación de los docentes de este campo, dado el nivel netamente técnico de los trabajos y la posibilidad de satisfacer los requerimientos institucionales para la promoción y para el otorgamiento de la titularidad.

En Noviembre de 1997, el Consejo de Actividades Educativas y el Consejo Norteamericano de Actividades del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos [IEEE], asumieron una posición conjunta, urgiendo a un rol más activo a este Instituto, orientado a movilizar a la formación en ingeniería, hacia un nuevo paradigma [27].

FUNDACIONES PRIVADAS

Las fundaciones privadas en los Estados Unidos tienen una larga historia de apoyo a la reforma educativa.

Importantes iniciativas recientes, incluyen un nuevo "college" de ingeniería, establecido por la Fundación F.W. OLIN y por la Alianza Nacional de Inventores e Innovadores Colegiados, creada por la Fundación LEMELSON.

En 1997, la Fundación OLIN anunció un subsidio de más de 200 millones de dólares para dotar de fondos a un nuevo college de ingeniería, a efectos de que se proporcionara una formación innovante a los no graduados, que prepararía a los futuros graduados en la práctica profesional y en la administración de tecnología en el siglo XXI [28].

El nuevo college, conocido como Olin College, estará ubicado en Needham, Massachussetts, y participará recursos con el College adyacente Babson, una institución independiente de administración de negocios, bien reconocida por su programa empresarial. Por comenzar sin una enraizada cultura académica, el Olin College espera desarrollar un programa educativo elaborado en torno de un activo proyecto, centrado en el aprendizaje; en la integración de los contenidos, en una estrecha interacción con la industria; intenso uso de la tecnología de la información y con miembros comprometidos con la docencia, actuando como consejeros.

El college está reclutando en este momento, un presidente y personal docente. En tal sentido planea admitir su primer clase de estudiantes, en el 2001.

La Alianza Nacional de Inventores e Innovadores colegiados, fue establecida por la Fundación Lemelson, para promover la invención, la innovación y el empresariado, entre los estudiantes del college a través del país, como una forma de crear nuevas empresas y oportunidades de empleo en los Estados Unidos [29].

Su centro de operaciones está en el College Hampshire de Amherst, Massachussetts. La Alianza Nacional de Inventores e Innovadores Colegiados, promueve este objetivo mediante subvenciones y recursos, para el desarrollo del currículo, y apoyo directo a los "Equipo E" de estudiantes interdisciplinarios, el cual opera con mentores docentes, para desarrollar y comercializar tecnologías e ideas innovantes.

LA FUNDACIÓN NACIONAL DE CIENCIAS

Aunque esta Fundación comenzó en los '70 con el apoyo a los programas innovantes de formación e Ingeniería [6,7], el ímpetu en tal sentido aumentó de modo significativo, con la dirección del Consejo Nacional de Ciencias (N.S.B.). Además, con la producción del así denominado "Informe Neal" [9], publicado por el mismo en 1986.

Desde esa época, se ha desarrollado una variedad de programas para apoyar la reforma en la formación en ingeniería. El más amplio de los existentes, es el programa de la coalición de Educación en Ingeniería, el cual generalmente incluye 8 consorcios o "coaliciones" de escuelas de Ingeniería de diversos tamaños y misiones.

Cada coalición trabaja para desarrollar, aplicar y evaluar, formas de educación en ingeniería que reflejen el nuevo paradigma.

Las 8 coaliciones abarcan más de 50 escuelas de ingeniería, las cuales, anualmente confieren más de 1/3 de los títulos de bachilleratos en ingeniería en los Estados Unidos.

Por añadidura a las coaliciones, la Fundación Nacional de Ciencias, apoya a una variedad de programas que tratan aspectos del nuevo paradigma de la formación en ingeniería incluyendo: el desarrollo del curso y del currículo; la Amplia Reforma de la formación de los no graduados en Ciencias, Matemáticas, Ingeniería y Tecnología (IR); Instrumentación y Mejoramiento de Laboratorios (ILI); Fortalecimiento de los Docentes de los No Graduados (UFE); Desarrollo combinado de Investigación y Currículo (CRCD); Experiencias de Investigación para los No Graduados (REU); Oportunidades de subsidios para nexos académico con la industria (GOALI); Faculty Early Career Development (Career); Ciencia de la Computación y de la Información y Suplementos de Ingeniería Educativa y de Programas de Innovación Educativa; Seminarios de Expertos en Educación en Ingeniería, y los Componentes Educativos de los Centros de Investigación en Ingeniería.

La mayor inversión de la Fundación Nacional de la Ciencia en la Reforma de la educación en ingeniería para los años fiscales 1991 a 1996, exclusivamente para otorgamiento de equipos de laboratorio, ha sido de 125 millones de dólares, aproximadamente.

Financiamiento adicionales a través de los Proyectos de Reinversión en Tecnología, formación para la Manufactura y Programas de Adiestramiento, proporcionados por otras agencias y administrado por la Fundación Nacional de Ciencias, han totalizado \$ 40 millones.

Los resultados de estos esfuerzos han sido extensamente documentados en la literatura de formación para la ingeniería, especialmente en ASEE, Prism y el Journal of Engineering Education (unos pocos ejemplos aparecen en las referencias 30-36). También en las actas de la reunión anual de ASEE y en las conferencias de Fronteras en Educación.

Un cuerpo importante de material electrónico [courseware], ha sido producido y se halla disponible para la comunidad que tiene a su cargo la enseñanza de la ingeniería. De tal forma, están disponibles CD ROM, distribuidos por la Succeed Coalition y, por medio del Sistema Nacional de Producción de Educación en Ingeniería de bases electrónicas de datos desarrollados y mantenidos por la Coalición de Síntesis (<http://www.needs.org>).

Una conferencia sobre "Innovadores de Educación en Ingeniería", en abril de 1997, incluyó un conjunto de artículos que describían los resultados de los proyectos de educación en dicho campo, con un énfasis especial en programas CRCO y TRP/MET.

Está en preparación un informe de esta conferencia que estará disponible a través de la Fundación Nacional para las Ciencias [National Science Foundation - NSF].

La información sobre muchos proyectos en coalición, podrá obtenerse a través de la página Web: Coaliciones en Educación en Ingeniería (www.needs.org/coalitions).

Entre los resultados positivos de estos esfuerzos se mencionan:

- Innovaciones educativas promisorias que están siendo desarrolladas, adoptadas y transferidas para apoyo institucional a las escuelas de origen y, en las coaliciones, a otras escuelas de la coalición.
- Se ha demostrado que estas innovaciones, han incrementado el aprendizaje, la retención y las tasas de graduación, incluyendo las de los grupos subrepresentados.
- Dentro de las coaliciones están cooperando efectivamente diversas instituciones, por ejemplo, a través de métodos educativos de participación de doble vía y "courseware" entre universidades de investigación grandes y pequeñas (éstas, históricamente de color).
- Quizás, lo más significativo de todo, es que se está desarrollando una comunidad de jóvenes y de expertos entusiastas en la formación en ingeniería.

Sin embargo, en tanto que mucho progreso se ha ido logrando, se necesita hacer algo más para construir, sobre dicho progreso, a efectos de consolidar las ganancias ya obtenidas e institucionalizarlas, tanto en las escuelas participantes como en las que, hasta este momento no se hubieren incluido.

Los proyectos han tendido a focalizarse sobre el desarrollo de modelos de educación innovantes, en tanto que la evaluación, la diseminación y la institucionalización de estos modelos, a menudo, sólo ha recibido una limitada atención.

En las coaliciones, son requeridos esfuerzos administrativos y de comunicación, verdaderamente significativos, a efectos de mantener conjuntamente a 5-10 escuelas de ingeniería funcionando de modo efectivo, absorbiendo de tal modo recursos que, de otra forma, podrían haber estado disponibles para apoyar proyectos educativos.

Además, la capacidad de los programas existentes para efectuar cambios culturales duraderos en las escuelas de ingeniería, aún es incierta.

La mayoría de los observadores coincide en que la actual cultura académica y su sistema de recompensa, a menudo desalienta la inversión de tiempo de los docentes en innovaciones educativas y en la adopción de nuevos paradigmas.

Parece claro que serán requeridos esfuerzos adicionales para neutralizar estos efectos y quebrar la "barrera de la puesta en práctica".

Hasta hace poco, ha habido escasos esfuerzos sistemáticos para examinar, en la Fundación Nacional de Ciencias, las inversiones en la formación en ingeniería, pero desde una perspectiva global, a efectos de producir una estructura integrada.

En 1995 la Junta Directiva de Ingeniería de la citada Fundación, convino la realización de un taller con aproximadamente 50 líderes de la educación en ingeniería, de la industria, de las fundaciones privadas y de las sociedades profesionales, con el objeto de revisar los progresos alcanzados hasta la fecha, en la aplicación del nuevo paradigma de formación en ingeniería, y recomendar una "Agenda para la Acción", a efectos de llevar a cabo una estrategia de seguimiento [37]. Subsiguientemente a estudios adicionales internos, la Fundación Nacional de Ciencias, produjo, en diciembre de 1997, el anuncio de un programa para "Una Agenda para una reforma sistemática de la educación en ingeniería" [38].

El programa empleó una estrategia basada en resultados, invitando a la producción de propuestas para acciones efectivas, con el objeto de crear programas de ingeniería en los cuales:

- Los docentes de ingeniería se perciban a sí mismos como mentores dedicados a la educación y al desarrollo de los estudiantes; a la generación y empleo de avanzados materiales educativos que promuevan aprendizajes basados en la acción de los estudiantes; a la organización de experiencias de aprendizaje que satisfagan las necesidades de los mismos y observen distintos estilos de aprendizaje; que integren sus roles en el marco de la educación y de la investigación; que fortalezcan un aprendizaje activo y colaborativo, menos dependientes de las conferencias; que integren lo contenido en los cursos mostrando las relaciones a los estudiantes desde el comienzo del programa; además, que utilicen tecnologías de la información y redes de comunicación y desarrollar en los alumnos, la capacidad y la motivación para involucrarse en el aprendizaje de por vida.

- En los currícula de ingeniería, se mantenga una sólida base de conocimiento matemático y científico; se integren los contenidos del curso, introduciendo principios fundamentales en el contexto de las aplicaciones; se integre igualmente en el desarrollo de los equipos de trabajo, y a través del currículo, la comunicación, la definición del proyecto del grupo y las habilidades en la solución de problemas, en experiencias de aprendizaje a lo largo del currículo; además, se manejen cuestiones de costo y de oportunidad; calidad; intereses sociales y ambientales; salud y seguridad, etc., en el contexto de la práctica de la ingeniería. Igualmente, que se reconozcan diversos estilos de aprendizaje y objetivos de las carreras; se aumenten las oportunidades para obtener experiencias internacionales; se posibilite en tomar ventaja de las tecnologías de la educación a distancia e integren la formación que estén llevando a cabo en una carrera dada, con la investigación.
 - Los programas de ingeniería crearán un ambiente que aumente la participación exitosa de grupos subrepresentados en esta carrera; desarrollan conexiones eficaces con la enseñanza primaria y secundaria y con los programas de 2 años de los colleges; mantengan una interacción regular y bien planeada con la industria; apoyen la creación de una red de líderes en formación en ingeniería; creen, sostengan y difundan un conjunto de resultados obtenidos de la evaluación; aumenta los incentivos a las cátedras de los departamentos, a los decanos y a la administración de la institución para recompensar a los docentes que desarrollen o apliquen innovaciones exitosas en la enseñanza y en el aprendizaje, y reduzcan el tiempo y el costo requerido para obtener un título en ingeniería.
- Se ha puesto un énfasis especial sobre el logro de objetivos múltiples del rendimiento; marcada valoración y evaluación de los componentes; firme compromiso institucional para integrar los resultados del proyecto con los programas que se están desarrollando, y en la medida en que los proyectos propuestos, vayan más allá del desarrollo del curso y de cambios curriculares modestos.

EL CONSEJO DE ACREDITACIÓN PARA LA INGENIERÍA Y LA TECNOLOGÍA

Los programas de ingeniería en Estados Unidos, son acreditados por la Comisión de Acreditación de Ingeniería (EAC) y por el Consejo de Acreditación de Ingeniería y de Tecnología, Inc. (ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.). Este último, es una federación de 28 sociedades de ingeniería que acreditan aproximadamente a unos 1500 programas de ingeniería en 300 instituciones; 750 programas de tecnología en ingeniería, en 250 instituciones [2 y 4 años] y 40 programas relacionados con la ingeniería en 30 instituciones. El Consejo de Acreditación en Ingeniería es reconocido por la Oficina de Educación de Estados Unidos, para acreditar programas de Ingeniería y de Tecnología en Ingeniería en dicho país.

La mayoría de los estados requiere graduación de los programas de ingeniería acreditados por ABET, como una de las condiciones para ejercer la profesión de ingeniero.

En el pasado, la acreditación de ABET, estuvo basada en criterios que enfatizaban detallados contenidos curriculares. Esto ha sido criticado a menudo como una rígida y antipática innovación.

No obstante, ABET, ha desarrollado actualmente un nuevo proceso de acreditación especialmente planeado para alentar la adopción de un nuevo paradigma de la formación en ingeniería.

El proceso ha sido probado en un proyecto piloto y ahora está siendo introducido en el marco de una aplicación completamente programada para el otoño del 2001.

En "Criterios en Ingeniería 2000", se ha desarrollado un nuevo conjunto de criterios de acreditación, con una marcada entrada en la industria, focalizándose la atención en los objetivos de la formación en ingeniería, tal como está expresado en las características y capacidades esperadas de los egresados [39].

Estas características incluyen:

- Capacidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
- Capacidad para diseñar y conducir experimentos e interpretar datos.
- Capacidad para diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer necesidades definidas.
- Capacidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.
- Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Comprensión de la responsabilidad profesional y ética y del impacto de las soluciones de la ingeniería en el contexto global/social.
- Capacidad para comunicarse con efectividad.
- Motivación y capacidad para dedicarse a un aprendizaje de por vida.
- Conocimiento de los asuntos contemporáneos.
- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la moderna ingeniería, necesarias para la práctica de la misma.

Cada programa de ingeniería, debe definir objetivos específicos de aprendizaje requeridos para lograr estos objetivos, las múltiples formas en que su concreción será medida y de qué manera los resultados de tal medición serán empleados para obtener un continuo mejoramiento del proceso educativo.

El rol principal de ABET, será asegurar que los propósitos y los objetivos sean consistentes con las características de los egresados descritos en Criterios 2000, y que el continuo proceso de mejoramiento esté funcionando de modo efectivo.

Los nuevos procesos de acreditación no son sencillos ni están libres de problemas.

El concepto de autoevaluación y de mejoramiento continuo es extraño a la cultura académica y los docentes de ingeniería, los jefes de departamento y decanos, aprenderán y crecerán si aplican exitosamente estos conceptos a sus programas.

Un desafío importante, es entrenar de modo suficiente a los miembros de los equipos visitantes para la aplicación de criterios de acreditación muy diferentes de los del pasado.

Al mismo tiempo, ABET debe establecer un estándar elevado para la eficacia de los procesos institucionales y no todos los programas podrán ser capaces de satisfacerlos.

Sin embargo, en el análisis final, el rol de ABET no es tan diferente como el que, miembros del profesorado, verdaderamente dedicados, sostienen, al establecer elevados estándares de rendimiento a sus alumnos y luego, hacer todo lo necesario en el marco de su espacio de decisión, para ayudarles a lograrlos.

PENSAMIENTO DE CIERRE

En todos estos desarrollos, el rol de la industria es crucial.

Si en realidad, la industria desea ingenieros que puedan, no solamente funcionar de modo efectivo en una cultura de mejoramiento continuo, sino que, además puedan ayudar a formar y a conducir dicha cultura, debe aceptar una aumento significativo de responsabilidad para comprometer recursos financieros y humanos en la formación de los ingenieros.

En el actual ambiente político de un fuerte antiimpuesto, existen pocas oportunidades acerca de que, tanto las escuelas de ingeniería, públicas o privadas, puedan encontrar los recursos adicionales para poner en práctica el nuevo paradigma de la educación, sin dicha asistencia industrial.

A pesar del creciente interés en la innovación educativa, la mayor parte de los recursos de la Fundación Nacional de Ciencias, continuará apoyando a la investigación.

El nuevo paradigma requiere de una estrecha y activa sociedad entre escuelas de ingeniería y firmas industriales, cuyos ingenieros puedan cooperar con los docentes en el desarrollo de estudio de casos, y, además, participar activamente como parte del equipo de enseñanza.

La asistencia financiera directa, también es necesaria para ayudar a pagar el tiempo agregado al quehacer habitual de los docentes, viajes y materiales de apoyo requeridos para el desarrollo, y conducción de proyectos en equipo.

Además, los directivos de la industria también deben estar dispuestos a apoyar la participación de ingenieros talentosos, como los evaluadores y dirigentes de ABET (Consejo de Acreditación para Ingeniería y Tecnología) si la acreditación, bajo el Criterio 2000 de Ingeniería, espera lograr su completo potencial.

Los docentes de ingeniería, por su parte, deben reconocer que las escuelas profesionales, actualmente, no pueden ser las torres de marfil y que ellos necesitan buscar y trabajar de modo entusiasta, con sus compañeros industriales para concebir y lograr que nazca el nuevo paradigma.

Como un optimista incurable, yo creo que el sueño es posible. El apoyo de la Fundación Nacional de las Ciencias está logrando un saber educativo y una reforma intelectualmente respetable, en un número significativo de escuelas de ingeniería, y el actual liderazgo de dicha institución, se continúa en una fuerte defensa a la reforma de la formación en ingeniería [40].

Los procesos de acreditación han estado cambiando en la línea de alentar los procesos de innovación.

La comunidad de expertos en educación (superior) está creciendo a ritmo constante y se está desarrollando firmemente un cuadro importante de líderes de reformas educativas.

La influencia de los decanos es de apoyo, pero el atrincheramiento de la cultura académica podría dificultar el cambio, y el viaje está aún lejos de la meta.

Aquellos de nosotros comprometidos con la reforma de la formación en ingeniería, deberíamos tomar como nuestro lema las palabras del poeta de Nueva Inglaterra, Robert Frost:

*"Los bosques son amorosamente oscuros y profundos,
pero yo tengo promesas para guardar
y millas para avanzar antes de que me duerma
y millas para avanzar antes de que me duerma"*

Bibliografía