

Ingeniería para la innovación: El rol de la ingeniería en el Sistema de Innovación

Cofone, Anibal^(*)(1); Viera, Ana Daniela^(*); Fornari, Cecilia⁽¹⁾; Kowalski, Víctor Andrés⁽²⁾; Enriquez, Héctor Darío⁽²⁾; Cohen, Rodolfo Saúl⁽²⁾

(*) *Universidad de Buenos Aires, Rectorado, Secretaría de Ciencia y Técnica. Viamonte 430, Buenos Aires. anibalcofone@gmail.com, (1) Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Av. Paseo Colón 850, Buenos Aires. (2) Facultad de Ingeniería, Univ. Nac. de Misiones. Juan M. de Rosas 325, Oberá (3360), Misiones*

RESUMEN

Desde hace más de 15 años se debate en el mundo la definición de las capacidades y habilidades que deben formar parte del arsenal del ingeniero para que sea un factor relevante en el desarrollo a nivel local y mundial, resultando en la necesidad de enfatizar capacidades tradicionalmente consideradas como "blandas", sin dejar de lado el conocimiento técnico y de ciencias.

Se encuentra un consenso general acerca de la necesidad de garantizar que el graduado posea herramientas para la resolución de problemas complejos en contexto reales, capacidades de diseño de proyectos y de interactuar en grupos de trabajos interdisciplinarios y multiculturales.

Sin embargo, resulta menos clara la forma en la cual se pueden incorporar dichas cualidades en los planes de estudio de las universidades. Menos aún cómo medir su incorporación. Es claro que, de cualquier manera, se trata de un cambio reactivo para el cual la comunidad académica ya se encuentra retrasada.

En nuestro país, el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) recomendó las "Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino", corroboradas en 2013 por la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería. Adicionalmente, la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) implementa desde 2002 el proceso de acreditación de las carreras de grado de ingeniería, lo que también llevó a las universidades argentinas a realizar una mirada crítica y unificada sobre el tema.

El trabajo presenta una revisión de los lineamientos y capacidades declaradas necesarias en la formación de los ingenieros según diversos países, con el objetivo de fundamentar y proponer algunos lineamientos para promover diseños curriculares en este sentido. Para ello se toma en cuenta la situación en dos universidades públicas argentinas: la Universidad de Buenos Aires y la Universidad Nacional de Misiones.

Palabras Claves: ingeniería industrial, formación de ingenieros, sistema de innovación.

ABSTRACT

For more than 15 years the world debates the determination of the capabilities and skills necessary for engineers to be an important factor of development both locally and globally. There is a great consensus over the need to emphasize skills traditionally viewed as "soft", without neglecting the technical and science knowledge, to ensure that the graduate possesses tools for solving complex problems in a real context, project design capabilities and the ability to interact in interdisciplinary and multicultural work groups.

However, it is less clear how to incorporate these qualities into the universities' curricula. Much less is known about how to measure this incorporation. In any way, it's clear that this is a reactive change for which the academic community is already delayed.

In our country, the *Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería*¹ (CONFEDI) recommended the "Generic Competences of the Argentine Engineer Graduate"², corroborated in 2013 by the *Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería*³. In addition, the *Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria*⁴ (CONEAU) started

¹ Federal Council of Deans of Engineering

² N. de T. traducido del original: "Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino"

³ American Association of Institutions of Engineering Education

⁴ National Commission for the Evaluation and Accreditation of Universities

implementing in 2002 the process of accreditation of undergraduate engineering programas, which also caused Argentine universities to look at the subject in a critically and more unified manner. The work presents a review of the guidelines and skills needed in the training of engineers according to different countries, with the objective to support and propose some guidelines to promote curricular designs in this regard. To do this takes into account the situation in two public universities in Argentina: *Universidad de Buenos Aires* and *Universidad Nacional de Misiones*.

Keywords: industrial engineering, training of engineers, innovation system.

1. LA INGENIERÍA Y EL DESARROLLO

La importancia de la ingeniería para el desarrollo es innegable. Del mundo de las reflexiones al mundo de los resultados, hay etapas que siempre son necesarias. Entre el objetivo planteado y su concreción hay siempre diseño de la solución, planificación, implementación y control de resultados, y eso es ingeniería.

Cuando el cambio se acelera, queda a la vista el desfase que hay entre las capacidades y competencias con que se ha formado el ingeniero y las necesidades de los espacios en los cuales se desenvuelve: si las herramientas con las que cuenta son antiguas, las soluciones van a tender a estar diseñadas pensadas para el pasado, en lugar de para el futuro. Esto a su vez se traduce en un desaprovechamiento de recursos y oportunidades perdidas para las instituciones, gobiernos, empresas y, por ende, para la sociedad.

Según la *National Academy of Engineering* [1] el ritmo de cambio tecnológico que se refleja en ciclos de producción más cortos, disminución de los costos de producción y la introducción de tecnologías disruptivas crece de manera geométrica, al punto de afirmar, citando a Wright [2], que el conocimiento en los campos de ciencia e ingeniería se duplica cada 10 años.

Sin necesidad de enfocarse en las tecnologías disruptivas, Sergio Bitar [3], director del *Global Trends & Future Scenarios Project*, recalca que las fronteras entre las diferentes disciplinas de las ingenierías se están desdibujando, así como también las fronteras entre la ingeniería y otras ciencias. En este sentido, asegura que no solo es destacable el acelerado avance de la tecnología, sino que los avances tecnológicos en un área están siendo rápidamente aplicados a otras. Adicionalmente, se tiene la emergencia de nuevos campos y tecnologías (como la nanotecnología y biotecnología), lo que llama a una formación cada vez más amplia.

Una afirmación popular que se le atribuye al *U. S. Department of Labor* expresa que el 65% de los niños que hoy están entrando a la escuela, tendrán un trabajo que aún no ha sido inventado [4]. Si bien es muy difícil confirmar este número, buena parte de esos empleos muy probablemente requieran de ingenieros.

Tal vez porque en gran medida los ingenieros tienen a derivar en trabajos que no suelen considerarse “ingenieriles”, o que al menos no aparecen en las incumbencias estrictas. Un estudio publicado en 1998 por la *National Science Foundation* encontró que sólo el 38% de los trabajadores estadounidenses con título en ingeniería⁵ realmente trabajaba “de ingeniero”. Un 48% tenía trabajos relacionados con la ingeniería, pero pertinentes a la gestión, otros empleos técnicos, emprendedorismo, propiedad intelectual, análisis financiero, entre otros [5] [6].

Bitar destaca que América Latina viene realizando esfuerzos limitados sobre los elementos cruciales para mejorar el desarrollo productivo en la realidad mundial actual, que incluyen mejorar la calidad de los educadores, determinar el número de especialistas técnicos y de posgraduados de posgrado, y definir los contenidos curriculares requeridos necesarios [3]. Según el autor, el cambio tecnológico afecta de manera creciente a la educación, principalmente de dos formas: por un lado ofreciendo nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje (considerando no solo las nuevas plataformas y la personalización de la educación, sino también los avances desde la neurociencia). En segundo lugar, se torna imprescindible la enseñanza de conocimientos y competencias para desarrollar la capacidad de innovar, tanto en habilidades “duras” como “blandas” (capacidades tales como el abordaje de problemas reales y de trabajo en equipos no solo interdisciplinarios sino también multiculturales y muchas veces trabajando desde diferentes lugares) en un mundo donde es necesario poder enfrentar problemas globales a través de habilidades cognitivas y el uso de la tecnología.

Atributos relacionados ya no solamente a conocimientos técnicos, sino a capacidades de liderazgo, aprendizaje continuo, resolución de problemas, competencias sociales y culturales e incluso aspectos éticos y de conciencia ambiental, encuentran cierto consenso en los relevamientos y recomendaciones de informes, conferencias y comités especiales sobre el desafío de formar ingenieros relevantes para el mundo que les espera cuando egresen [7] [8] [9] [10].

En todos ellos se percibe una brecha entre las competencias y capacidades actuales que ofrecen los planes de estudio de ingeniería y aquellas que se percibe necesarias para la sociedad y/o la industria actualmente. Adicionalmente, se tiene conciencia que es necesario proyectar estas necesidades hacia el futuro para poder aplicar dichos cambios a tiempo.

⁵ BSc en Ingeniería

Sin embargo, no resulta tan claro qué acciones se deben llevar a cabo para poder llevar a las instituciones hacia la formación de este *ingeniero global*, y menos aún se sabe sobre cuáles serían los indicadores para evaluar si estos cambios son efectivos.

A la vista de los planes de estudio de carreras de ingeniería en general, podemos ver que está muy lejos su lógica actual con las necesidades futuras. No pueden atender el futuro planes de estudio estructurados en materias aisladas, que se manejan por disciplinas que se conectan, sólo a veces y sin actividades integradoras en forma proactiva, y donde los docentes siguen los mismo modelos que sus profesores les enseñaron a ellos.

2. APORTES MUNDIALES, CONCLUSIONES SIMILARES

El interés por abordar la importancia de la formación de los ingenieros y analizar la mencionada brecha de competencias no es nueva. Existen numerosas asociaciones y organizaciones de diferentes tipos dedicadas a este tema, y numerosos reportes y publicaciones que ofrecen miradas y/o recomendaciones globales y locales.

No obstante la multiplicidad de iniciativas, se percibe un cierto consenso entre los diferentes aportes, en parte porque existen vínculos profesionales y/o académicos entre algunas de las personas e instituciones encargadas de realizarlos, pero también porque se entiende la naturaleza global del problema, a pesar de requerir un esfuerzo fuertemente local sobre las estructuras educativas. En cierto sentido, puede decirse a la hora de definir qué características deberían definir a un ingeniero, quienes lideran la reflexión entienden la necesidad de “pensar globalmente, actual localmente”⁶.

En nuestro país, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) estableció las 10 Competencias⁷ Genéricas de Egreso del Ingeniero [9], siendo éstas adicionales a las competencias “tecnológicas” que eran naturalmente las que figuraban en las incumbencias regladas por consejos profesionales de ingeniería (Tabla 1). Las competencias, fueron luego tomadas por la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) para el perfil del “Ingeniero Iberoamericano” [10]

Tabla 1 Competencias del “Ingeniero Iberoamericano” según CONFEDI.

Tecnológicas	Sociales, políticas y actitudinales
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería • Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería • Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería • Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería • Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo • Comunicarse con efectividad • Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global • Aprender en forma continua y autónoma • Actuar con espíritu emprendedor

A continuación se mencionaran algunas de las reflexiones y resultados obtenidos en Estados Unidos, Australia, Reino Unido e Italia, los cuales son sólo algunos de los análisis sobre este tema.

2.1. Estados Unidos

La *National Academy of Engineering* (NAE) realizó una serie de estudios en sobre los requisitos para que un ingeniero sea efectivo en año 2020 incluyendo recomendaciones de cómo formarlo [11] [1] [12]. Entre las características recomendadas por la NAE se destacan:

⁶ N. de T. El término original “Think globally, act locally” se usó por primera vez alrededor de 1970 y no resulta claro su origen, dado que se atribuye su creación a diferentes personas, entre ellas el ambientalista David Bower, el asesor de las Naciones Unidas René Dubos y el futurólogo canadiense Frank Feather.

⁷ Según CONFEDI “Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”

- Poseer gran capacidad de análisis
- Tener ingenio práctico
- Ser creativo
- Poseer buena capacidad de comunicación
- Comprender negocios y administración
- Entender los principios de liderazgo
- Tener estándares elevados de ética y profesionalismo
- Ser dinámico, ágil, resistente y flexible
- Aprenden toda la vida⁸

En 2008 la *American Society for Engineering Education* (ASEE) llevó adelante el *Attributes of a Global Engineer Project* [8], un proyecto para profundizar acerca de las competencias necesarias para que los ingenieros puedan desenvolverse y trabajar en el contexto global. El proyecto incluyó relevamientos, conferencias y *focus groups*, y culminó en 2015 con un informe detallando los atributos deseables y recomendaciones para la educación en ingeniería (Tabla 2).

El proyecto de la ASEE tuvo resonancia en varios países, donde se tomaron en consideración los resultados a la hora de analizar proyectos propios.

Tabla 2 *Atributos del Ingeniero Global según la ASEE (Traducción propia en base a Attributes of a Global Engineer Project)*

Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Demuestra una comprensión de la ingeniería, la ciencia, y los fundamentos de matemáticas • Demuestra una comprensión de la tecnología de la información, y competencia digital • Demuestra una comprensión de las etapas / fases del ciclo de vida del producto • Demuestra una comprensión de la planificación, gestión de proyectos, y los impactos de los proyectos sobre distintos grupos de interés (miembros del equipo de proyecto, dirección de obra, proyecto cliente, los usuarios finales, etc.)
Profesional	<ul style="list-style-type: none"> • Se comunica de manera efectiva en una variedad de diferentes formas, métodos y medios de comunicación • Se comunica de manera efectiva tanto a audiencias técnicas y no técnicas • Mantiene un alto nivel de competencia profesional • Tiene un fuerte compromiso con los principios y estándares de calidad y mejora continua • Aplica su juicio personal y profesional para la toma de decisiones efectiva y la gestión de riesgos
Personal e Interpersonal	<ul style="list-style-type: none"> • Posee la capacidad de pensar críticamente y creativamente • Posee la capacidad de pensar de forma individual y de manera cooperativa • Mantiene una auto-imagen positiva y posee confianza en sí mismo • Muestra iniciativa y demuestra una voluntad de aprender • Funciona de manera eficaz en un equipo (entiende los objetivos del equipo, contribuye eficazmente al trabajo en equipo, apoya las decisiones del equipo, respeta los miembros del equipo, etc.) • Mentorea o ayuda a otros para lograr objetivos / tareas
Intercultural	<ul style="list-style-type: none"> • Demuestra una comprensión de las perspectivas políticas, sociales y económicas • Demuestra una comprensión de las normas éticas y de negocios y aplica las normas de manera efectiva en un contexto dado (organización, industria, país, etc.) • Posee una perspectiva internacional / global • Posee dominio de por lo menos dos idiomas • Abraza una perspectiva interdisciplinaria / multidisciplinaria

2.2. Australia

Los aportes desde Australia, donde las universidades llevan más de una década analizando la brecha que existe entre las capacidades, habilidades y conocimientos que requieren las empresas y los que presentan sus graduados.

⁸ N. de T. "life long learners"

Los investigadores A. Patil y G. Codner de la Monash University [13] agruparon en tres ejes las capacidades indispensables en los egresados de ingeniería.

Tabla 3 Los tres ejes de capacidades indispensables de los egresados de ingeniería. Fuente [13]

Habilidades globales y de contexto	Habilidades sociales	Habilidades técnicas
<ul style="list-style-type: none"> • Noción sobre las problemáticas políticas, sociales y globales • Capacidad para comprender los eventos multicausales del mundo globalizado • Conocimiento sobre el mercado laboral y las condiciones de trabajo • Conocimiento sobre el funcionamiento de la economía y los mercados internacionales • Capacidad de aplicar soluciones de ingeniería para resolver los problemas del entorno 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de <ul style="list-style-type: none"> ○ comunicación ○ gestión y organización ○ empatía ○ liderazgo ○ gestión financiera • Conciencia para <ul style="list-style-type: none"> ○ evaluar éticamente las situaciones ○ valorar primordialmente la seguridad de las personas ○ considerar el impacto ambiental y social de cada proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre su área de trabajo • Capacidad para plantear y resolver problemas • Habilidad para la gestión de proyectos • Capacidad para trabajar en áreas de I+D

A través de una encuesta realizada en 2007 a empresas empleadoras de ingenieros en Australia (*Monash University Employer Survey*) [7], donde se pedía evaluar diez capacidades o habilidades necesarias en los ingenieros para la empresa. Los resultados se muestran en la Figura 1, donde se puede ver la relación que hay entre la importancia de la habilidad y el nivel de satisfacción de la empresa con el desempeño de los ingenieros en ese aspecto.

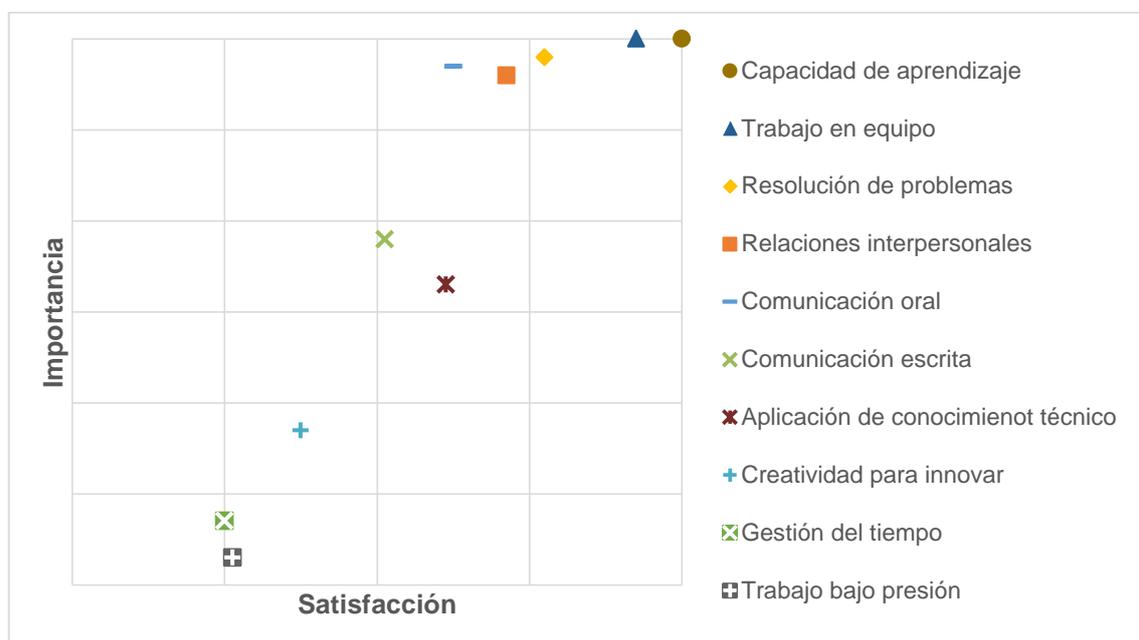


Figura 1 Relación Importancia-Satisfacción por habilidad. Fuente: Elaboración propia en base a *European Journal of Engineering Education* [7]

El estudio denota la carencia de los ingenieros en la capacidad para crear soluciones innovadoras y resolver problemas de la complejidad que se presenta el mundo real.

La conclusión a la que llegan los investigadores es que el ambiente multicultural y los desafíos actuales requieren una formación en ingeniería que prepare profesionales para resolver problemas utilizando no sólo conocimientos técnicos sino también capacidades sociales y comprendiendo el contexto político, social y de negocios.

Para desarrollar estas habilidades, los autores recomendaron incorporar cursos de diseño y otras habilidades relacionadas en los planes de estudio y la formación a través de la resolución de problemas reales.

2.3. Reino Unido

La *Royal Academy of Engineering* llevó adelante un proyecto en 2007 [14] para encarar la educación de los ingenieros en el siglo XXI. Para ello realizó una serie de entrevistas y *focus groups* para indagar sobre la percepción de la calidad de los ingenieros en las industrias y las capacidades más valoradas. A partir de lo anterior se encuestaron más de 400 empresas empleadoras de ingenieros (donde más de la mitad de las respuestas recibidas correspondieron a PyME).

Los resultados de esta encuesta (Figura 2) fueron muy similares a las respuestas que proporcionaron los departamentos de ingeniería de más de 80 universidades del Reino Unido. Allí se puede ver la importante que resulta para la formación de un ingeniero el poder aplicar los conceptos teóricos en aplicaciones prácticas concretas, la resolución de problemas a través de la creatividad y el trabajo en equipo.

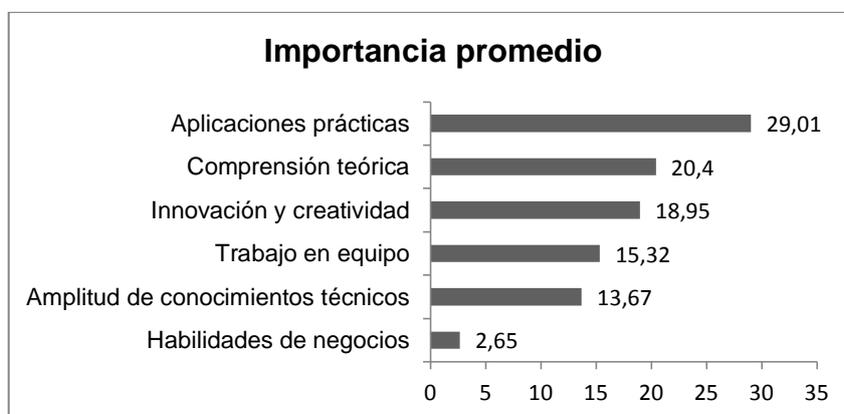


Figura 2 *Importancia de las capacidades de los ingenieros para las empresas encuestadas. Fuente: Royal Academy of Engineering*

Entre las principales conclusiones del reporte, se mencionan:

- La necesidad de proveer a los estudiantes con un rango de habilidades para resolver problemas de manera innovadora y creativa
- Asegurar que los cursos evolucionen de la mano con los requerimientos de la industria, utilizando para ello una aproximación multidisciplinaria basada en el pensamiento sistémico
- Procurar devolver el prestigio a la labor docente (especialmente en los departamentos que están fuertemente enfocados en la investigación) a través de incentivos, mayor financiamiento y una adecuada posibilidad de desarrollar una carrera académica en la docencia
- Mejorar la interacción entre la industria y los departamentos de ingeniería universitarios en dos niveles: desde el aporte de la opinión de la industria sobre el contenido de los cursos, y con la participación de los estudiantes en experiencias industriales reales
- Tomar en consideración las capacidades valoradas por la industria y los departamentos de ingeniería: aplicación práctica, comprensión teórica, creatividad e innovación.

2.4. Italia

La *Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Ingegneria* (CoPI) fue fundada a fines de 2002 para, entre otros, promover una educación de la ingeniería coherente con el progreso de la ciencia y de la tecnología, y en concordancia con el ejercicio de la profesión de acuerdo a las necesidades de la sociedad. La CoPI produjo (hasta 2008) 7 cuadernos con lineamientos para la articulación de dichos objetivos, donde se reúnen artículos autónomos, resultados de mesas de trabajo, y otros productos de las reuniones organizadas por el grupo.

Dado el período en el cual se produjo este trabajo, el mismo se vio atravesado por el Proceso de Bologna⁹, una reforma internacional del sistema de educación superior de la Unión Europea con el

⁹ www.processodibologna.it

objetivo de armonizar los títulos de los estudiantes dentro de la UE y mejorar la movilidad estudiantil.

3. ¿POR QUÉ LA INGENIERÍA INDUSTRIAL?

En 2010 la UNESCO produjo un reporte sobre el rol de la ingeniería en el desarrollo [15]. En él se enfatiza la necesidad de, entre otros, reafirmar la importancia de la ingeniería como vehículo de la innovación y el desarrollo económico y social a través de políticas públicas; y transformar la educación de la ingeniería, los planes de estudio y los métodos de enseñanza para enfatizar su enfoque hacia la resolución de problemas y hacia una formación relevante local y globalmente.

Es destacable que, si bien nadie niega el vertiginoso avance tecnológico, el enfoque esté puesto en la ingeniería como canal para el desarrollo a través de la solución de problemas de relevancia social.

Para Paul Peercy, la práctica de la ingeniería tiene un componente global y uno local, el componente global está gobernado por leyes físicas y el componente local determinado por aspectos culturales. La desafío actual es el de formar “ingenieros globales”, que sean globalmente competentes y localmente relevantes [16] [17].

El presidente de la CoPI, Vito Cardone, durante la Conferencia realizada en Pavia en 2007 [17], llamó a recordar el Manual de OSLO para recalcar que, cuando se habla de innovación, esto no solo se encuentra ligado a las nuevas tecnologías, sino a la creatividad, a la gestión de procesos productivos, culturales e incluso de comportamiento. Se refiere entonces a “una creatividad innovadora, que es raramente hija de la intuición deslumbrante, sino que más bien desciende de la plena conciencia de los procesos consolidados, de sus límites y del análisis de la posibilidad de transformaciones y/o adaptación a nuevas realidades”¹⁰

En tanto, para Richard Miller, la ingeniería no es un cuerpo de conocimiento o una disciplina, es un proceso, una forma de pensar [12].

Por otra parte, la *National Academy of Sciences* [11] describe elocuentemente que “la ingeniería se trata de diseñar bajo restricciones”¹¹, y que resulta de un proceso profundamente creativo para ajustar el diseño de sistemas y productos de todo tipo bajo condiciones manifestadas desde lo técnico, económico, político, social y ético. Más aún, afirma que la tecnología es el resultado de la ingeniería, en el sentido que la ciencia necesita de un proceso posterior para transformarse en tecnología -y como consecuencia el término de “ciencia aplicada” resulta una falacia-.

Si, según Ken Robinson [18], la creatividad es imaginación aplicada, entonces la ingeniería es un esfuerzo por sistematizar y la brindar herramientas para canalizar la imaginación en un contexto de solución de problemas.

Para el MERCOSUR¹², la carrera de Ingeniería se define como “el conjunto de conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos de base físico-matemática, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas, modelos, procesos, productos y/u obras físicas, para proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, compatibles con un desarrollo sustentable” [19].

A partir de las características mencionadas en estas definiciones, posiblemente la rama de la ingeniería mejor adaptada sea la Ingeniería Industrial. La Ingeniería Industrial, conocida en otras partes del mundo como Ingeniería de Sistemas, de Procesos o de Gestión (a veces con diferencias de contenidos), promulga la toma de decisiones a través del análisis de variables que incluyen aspectos sociales, económicos y tecnológicos.

El Ministerio de Educación de la Argentina, en su Resolución 1054/2002, declara que el plan de estudios de Ingeniería Industria debe incluir “actividades de resolución de problemas de ingeniería, reales o hipotéticos, en las que se apliquen los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías”, así como también incluir “actividades de proyecto y diseño de ingeniería, contemplando (...) la aplicación integrada de conceptos fundamentales de ciencias básicas, tecnologías básicas y aplicadas, economía y gerenciamiento, conocimientos relativos al impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, de síntesis y el espíritu crítico

¹⁰ N. de T.

¹¹ N. de T.

¹² Mercado Común del Sur: “proceso de integración regional instituido inicialmente por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay al cual en fases posteriores se han incorporado Venezuela y Bolivia, ésta última en proceso de adhesión.” (Fuente: <http://www.mercosur.int/>)

del estudiante, despierten su vocación creativa y entrenen para el trabajo en equipo y la valoración de alternativas.”

El *Institute of Industrial and Systems Engineers* (IISE) asegura que este tipo de flexibilidad y mirada sistémica, aplicada a la resolución de problemas complejos para mejorar la productividad y calidad de los sistemas de cualquier índole es la razón por la cual muchos graduados terminan en posiciones de gestión [20].

4. LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ARGENTINA

La carrera de Ingeniería Industrial nació en Argentina en 1917 en la Universidad de Buenos Aires como el primer desprendimiento de la fundacional Ingeniería Civil. La carrera tuvo desde sus orígenes una impronta transdisciplinar y de conexión con la realidad local de ese momento, en sintonía con la necesidad que planteaba el entonces Rector de la UBA, Dr. Eufemio Uballes¹³, de salir del modelo agroexportador básico y empezar a incorporar industrias de mayor valor agregado en el país.

Esta impronta fundacional estaba claramente asociada al desarrollo del país, y al momento en que el mundo vivía una explosión industrial, con las primeras etapas de la producción masiva automotriz y el crecimiento de la explotación de petróleo, el cual había sido descubierto en Comodoro Rivadavia (Chubut, Argentina) en 1907.

Como pocas profesiones y actividades, en estos casi 100 años de carrera en el país, tanto la ingeniería industrial como la propia “industria nacional” se ven impactadas por la evolución y oscilación macroeconómica y de políticas industriales argentinas, así como por los cambios más o menos violentos de los escenarios políticos y económicos internacionales. Los cambios del perfil del plan de estudios fueron diversos y con diferente impacto, aunque en gran medida asociados a la propia evolución de las necesidades del mundo profesional que convocó a ingenieros industriales para funciones originalmente inesperadas en el mundo del trabajo.

Luego de los primeros 50 años, donde la carrera se lanzó en unas pocas universidades Argentinas además de en la UBA, la ingeniería industria atravesó un período de 40 años de fuerte expansión donde llegó a muchas universidades públicas y privadas, incluyendo la UTN, que multiplicó por todo el país la carrera. Este período se vio caracterizado, al menos del año 1966 hasta la vuelta de la democracia en 1983, por grandes cambios político-estructurales, conflictos de todo tipo que impactaron casi siempre negativamente en el mundo universitario, como la Noche de los Bastones Largos¹⁴, la intervención de las universidades, la cesantía de profesores, y la desaparición de integrantes de la comunidad.

Este período implicó varios cambios de planes de estudio sin una línea rectora, y recién con la vuelta de la democracia se trabajó en la universidad nuevamente regularizada, para la construcción de consensos entre los diferentes claustros (profesores, alumnos y graduados), lo que tuvo como consecuencia planes de estudio renovados, adaptados a los tiempos, siempre referenciados a universidades del mundo consideradas (al menos para el ambiente de la ingeniería) como referentes.

Por otro lado y en ese mismo período, la demanda profesional y el perfil de la carrera (con una impronta más “gestional”), particularmente atractivo para trabajar en áreas diversas como marketing, finanzas, ventas, y administración de servicios, fue creciendo más allá de las expectativas de las universidades que la dictaban. El ingeniero industrial fue “descubierto” masivamente por las grandes empresas, nacionales e internacionales, que buscaban profesionales con capacidad de gestión y articulación tecnológica-económica-organizacional, adicionalmente a las capacidades para diseños y desarrollos originales.

Los últimos 12 años, se vieron marcados por la proactividad del gobierno nacional para regular la enseñanza de la ingeniería en general, y especialmente en disciplinas como la ingeniería industrial, logrando acercar criterios y nivelar el conceptos del “ingeniero industrial” en diferentes casas de estudio. Esta divergencia de criterios, estuvo en parte ocasionada por el éxito de la carrera que en aproximadamente 30 años pasó a constituir desde un 10% a más del 30% de la matrícula nacional de ingenieros.

¹³ Rector de la Universidad de Buenos Aires durante el período 1906 – 1922.

¹⁴ La Noche de los Bastones Largos fue el desalojo por parte de la Dirección General de Orden Urbano de la Policía Federal Argentina, el 29 de julio de 1966, de cinco facultades de la Universidad de Buenos Aires, en Argentina, ocupadas por estudiantes, profesores y graduados, en oposición a la decisión del gobierno militar de intervenir las universidades y anular el régimen de gobierno. (Fuente: www.wikipedia.org)

Este proceso de “nivelación” entre las muchas variantes y perfiles para un mismo diploma, tuvo un efecto no considerado en ese momento, que fue la consolidación de un modelo sin pensar en la flexibilidad que incluso ya se detectaba como necesaria. Luego, por empuje del CONFEDI, se comenzó la reflexión apropiada para tratar de entender la formación de profesionales por “competencias y capacidades”, un modelo por los objetivos de los graduados, más que como la mera sumatoria de conocimientos que lograban al final de una cierta cantidad de años.

5. PRÓXIMOS PASOS

En vista de las competencias recomendadas por el CONFEDI, y la ASIBEI, así como las conclusiones similares desde otras partes del mundo, y teniendo en cuenta que la formación que ofrecen los planes de estudio de las carreras de ingeniería industrial deben ser coherentes dentro del Sistema de Innovación regional, sin perder el contexto global, la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) se encuentra realizando una revisión del plan de estudio.

Los cambios en estudio pretenden proporcionar al graduado las herramientas para contar con las competencias antes descriptas, haciendo hincapié en algunas características que se ven y plantea globalmente como fundamentales: la flexibilidad, capacidad de aprender y especial sensibilidad para tareas de diseño en ambientes multivariantes y creativos.

Este esfuerzo se ve reflejado en otras Instituciones, específicamente en la Universidad Nacional de Misiones, cuya Facultad de Ingeniería (FIUNaM) -con la que se trabaja conjuntamente-, se encuentra abordando ocho asignaturas de la carrera Ingeniería Industrial a través un modelo de Formación por Competencias (FPC). Este modelo, desarrollado en la FIUNaM se apoya sobre tres pilares articulados entre sí: la Formulación de Competencias a desarrollar, la Mediación Pedagógica (Selección de Métodos y Modalidades de Enseñanza) y el Sistema de Evaluación de Competencias [21]. La pieza fundamental de la articulación es el Diseño Instruccional que propone el cuerpo docente.

En el caso de la FIUBA se está encarando la revisión de manera integral del plan de estudios, con un equipo de trabajo conformado por graduados, docentes y alumnos avanzados y a través de las siguientes etapas:

1. Diagnóstico del plan actual de Ingeniería Industrial UBA: sobre la base de entender los planes anteriores, la historia y el presente de la profesión en Argentina, países emergentes y países desarrollados. Verificando, al mismo tiempo, el impacto real de este perfil profesional en los diferentes ambientes en los que el joven profesional se desempeña en grandes corporaciones, PyMEs, ONGs, gobiernos, emprendimientos propios y otros, (por ejemplo en sus primeros 5 años de profesión, e incluso las actividades profesionales que realiza con “perfil de ingeniero” aun siendo estudiante).
2. Trabajo en paralelo en tres dimensiones:
 - a. Relevamiento de necesidades en la industria, economía local y global: Las necesidades del mercado, las capacidades más valoradas y aquellas que resulta necesario potenciar. Debido al creciente rol del ingeniero industrial en áreas consideradas como no tradicionales, se buscará relevar también el sector público, ONGs, empresas sociales y emprendimientos.
 - b. Estudio comparativo normativo nacional y con otras instituciones académicas: Usando como referencia la Res. 1054/2002 del Ministerio de Educación – CONEAU donde se expresan, entre otros, los contenidos curriculares básicos y los estándares para la acreditación de la carrera. La misma, si bien es estricta en algunos puntos, deja librados al perfil de cada universidad una importante cantidad de horas de clase y actividades (un 45%)
 - c. Análisis de los planes de estudio de universidades líderes e innovadoras a nivel mundial, regional y nacional.

3. Autoevaluación y propuestas:

Propuesta para el diseño de plan de carrera, contenidos, anclaje de cursos, actividades comunes y de los mecanismos que permitan dar flexibilidad al plan curricular. Se generará además la descripción de los perfiles docentes para los cursos y la definición conceptual de perfil de ingeniero industrial.

Entre las herramientas para realizar lo anterior se encuentran:

- Encuestas a graduados de diferentes generaciones, estudiantes que se están desempeñando en el mercado laboral
- Relevamientos de los cuerpos docentes de las materias de la carrera en cuanto a perfiles, potencialidades y fuentes de actualización; así como también de sus visiones sobre las falencias y oportunidades en la carrera, plan y/o estructura académico administrativa.
- Entrevistas con responsables de recursos humanos de empresas que emplean a ingenieros industriales y con egresados emprendedores

6. CONCLUSIONES

La necesidad de repensar la enseñanza de la ingeniería para que sus graduados continúen siendo “protagonistas” del desarrollo es un tema de debate en la mayoría de las asociaciones relacionadas con la enseñanza de ingeniería y el desarrollo profesional en todo el mundo.

A nivel nacional, e incluso iberoamericano, existen lineamientos y requisitos para los planes de estudio que en general se encuentran alineados con las conclusiones en otros países, pero resulta imprescindible un análisis adecuado sobre cómo implementar -y medir- estas modificaciones en las universidades.

Para ello, se propone una metodología para implementar una revisión del plan de estudio de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, a través de un diagnóstico de situación interna y teniendo en cuenta los contextos regionales, nacionales e internacionales.

Los requisitos propuestos por CONEAU, así como las incumbencias definidas generan limitaciones y condiciones de contorno, pero con considerables grados de libertad a la hora de moldear la carrera según las características distintivas y la impronta particular de cada institución o región.

En este sentido resulta de cabal importancia no perder de vista el ecosistema local (PyME, empresarial, gubernamental, emprendedor y de organismos públicos) y poder brindar a los graduados las herramientas necesarias para poder comunicarse y trabajar a la par de otros profesionales y no-profesionales.

La planificación de un nuevo plan de estudios no se reduce a una nueva grilla de materias y los programas de las mismas, sino que es necesario incorporar al proyecto variables tales como:

- Una formación que permita desarrollar estructuras de proyectos que traspasen las barreras de las materias y los semestres, y fuercen al estudiante a usar todas las herramientas en su poder, tal como ocurre con los proyectos interdisciplinarios reales.
- Dotar a las actividades con los recursos materiales adecuados para poder cumplimentarlos con excelencia: infraestructura de aulas, material bibliográfico físico y digital, programas y soportes informáticos para proyección, simulación y modelización.
- Recursos y apoyo de la dirección para generar programas de sensibilización y formación continua de docentes para afrontar estos cambios (lo cual no se limita a buscar por medio de concursos abiertos los “mejores” docentes sino que, como en cualquier profesión, se debería garantizar su formación continua más aun cuando se trata de temáticas que son afectadas por el cambio tecnológico permanente),
- Una mayor interconexión “con el exterior”, es decir, con la actividad público privada de la región de pertenencia que permita, tener lugares de trabajo de campo, redes de vinculación y colaboración, pasantías, y posibles demandantes de proyectos que puedan ser desarrollados dentro del ámbito de formación como prácticas o proyectos (de extensión o transferencia) por docentes y alumnos.

Este es solo un primer paso en un proyecto de mediano plazo para la carrera de Ingeniería Industrial, para la cual será imprescindible contar con la realimentación de referentes en todos los ámbitos (estudiantes, academia, comunidad) y el apoyo de la dirección necesario para convertirlo en un proceso de mejora continua de la formación universitaria.

Las mejoras que se detecten como necesarias, deberán ser cuidadosamente planificadas para que no sea la etapa de implementación el impedimento del cambio. La falta de recursos y falta de flexibilidad de las estructuras de gestión y docentes suelen ser una barrera que diluye el impacto proyectado, por lo cual, y como somos ingenieros industriales, debemos considerarlos al momento de buscar un cambio real y efectivo.

7. REFERENCIAS

- [1] National Academy of Engineering. *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington : The National Academy Press, 2005. ISBN 0-309-55006-8.
- [2] Wright y T.B. *Knowledge Management*. Iowa State University, Ames : Presentación ante la Industry-University-Government Roundtable for Enhancing Engineering Education (IUGREEE), 24 de Mayo de 1999.
- [3] Bitar, Sergio. *Global Trends and the Future of Latin America*. Global Trends & Future Scenarios. s.l. : The Dialogue, Septiembre 2016 - 2º edición.
- [4] United States Department of Labor. *Futurework - Trends and Challenges for Work in the 21st Century*. U.S. Department of Labor. [Online] <https://www.dol.gov/oasam/programs/history/herman/reports/futurework/report.htm>.
- [5] Geiger, Gordon. *A new model for undergraduate engineering education? The engineering Management Curriculum At The University Of Arizona*: American Society for Engineering Education, 2006.
- [6] *Defining, developing and assessing global competence in engineers*. Lohmann, Jack R., Rollins, Howard A. y Hoey, J. Joseph. 1, London : Taylor & Francis, 2006, European Journal of engineering Education, Vol. 31, pp. 119-131. ISSN 1469-5898.
- [7] *Re-engineering graduate skills – a case study*. Sid Naira, Chenicheri, Patilb, Arun y Mertovaa, Patricie. 2, London : Taylor & Francis, 2009, European Journal of Engineering Education, Vol. 34, pp. 131–139. ISSN 1469-5898.
- [8] American Society for Engineering Education. *The Attributes of a Global Engineer Project*. 2015.
- [9] Confedi. *Competencias en ingeniería*. Mar del Plata : Universidad FASTA, 2014. ISBN 978-987-1312-62-7.
- [10] Asibei. *Trends in Engineers training in Ibero-America*. Puebla, Mexico : Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, 2014.
- [11] National Academy of Engineering. *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington : The National Academy Press, 2004. ISBN 978-0-309-09162-6.
- [12] —. *Educating Engineers: Preparing 21st Century Leaders in the Context of New Models of Learning*. Washington : The National Academy Press, 2013. ISBN 978-0-309-26770-0.
- [13] *Accreditation of engineering education: review, observations and proposal for global accreditation*. Patil, A. y Codner, G. 6, London : Taylor & Francis, 2007, European Journal of Engineering Education, Vol. 32, pp. 639-651. ISSN 1469-5898.
- [14] The Royal Academy of Engineering. *Educating Engineers for the 21st Century*. London : The Royal Academy of Engineering, 2007. ISBN 1-903-496-35-7.
- [15] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*. France : UNESCO, 2010. ISBN 978-92-3-104156-3.
- [16] *Redefining Quality in Engineering Education Through Hybrid Instruction*. Peercy, Paul S. y Cramer, Steven M. 4, s.l. : Society for Engineering Education (ASEE), October 2011, Journal of Engineering Education, Vol. 100, pp. 625-629. ISSN 2168-9830.
- [17] *Quaderni della Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Ingegneria*. Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Ingegneria (CoPI). [ed.] Virginio Cantoni. Fisciano - Salerno : Cooperativa Universitaria Editrice Salernitana, 2008. *Re-engineering Engineering: La Formazione dell'Ingegnere Globale*. Vol. 5. ISBN 978-88-95028-27-9.
- [18] Ken, Robinson. *El Elemento*. s.l. : Grijalbo, 2009. ISBN 9788425343407.
- [19] ACUR-SUR. *Criterios de Calidad ara la Acreditación ARCU-SUR: Ingeniería*. 2015.
- [20] What Industrial & Systems Engineers do. *The Institute of Industrial and Systems Engineers*. [Online] <http://www.iinet2.org/>.
- [21] *Formación por competencias en Ingeniería Industrial: Moda o Mejora Académica?* Kowalski, V., Erck, M. y Enriquez, H. Santo Ângelo : 2015. Anais do III Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica – CIECITEC. NTI-URI.