

## LA EDUCACIÓN SUPERIOR DE LAS PRÓXIMAS GENERACIONES DE INGENIEROS

C. D. Prado Pérez<sup>1</sup>

### RESUMEN

De acuerdo al World Economic Forum 2015, los desafíos que enfrentarán los estudiantes en un ambiente profesional y laboral demandarán (ya lo hacen) de competencias que van más allá del entorno académico tradicional de la mayor parte de las universidades. Ante tal escenario, surge una pregunta obligada, ¿está la Educación Superior de la Ingeniería en México a la altura de un ambiente más competitivo y de mayor exigencia para el egresado? Se discute en este trabajo un modelo educativo que busca incidir de manera metódica y deliberada en el desarrollo de competencias para atender las ya inminentes necesidades del futuro ingeniero. Esta discusión comprenderá su viabilidad como una alternativa de la educación tradicional de la ingeniería, una reflexión sobre fortalezas y áreas de oportunidad.

### ANTECEDENTES

Como señala Espíndola (2011, p. 24), el término “Competencia” se utilizaba ya desde la década de los 70’s en el ámbito laboral. Se le asocia hasta la fecha con el conjunto de habilidades que le permiten a quien la posee realizar una tarea concreta en un contexto específico. Fue en la década de los 80’s que el concepto tomó realce en la educación y se le ha visto desde entonces en sus diferentes niveles como una herramienta para potenciar el aprendizaje de los alumnos. En este trabajo, se adopta la idea de competencia en un sentido que abarca conocimientos, habilidades, actitudes y valores, todas ellas cualidades que buscan enriquecer al estudiante en su carácter de persona y profesionista.

Con este enfoque, la instrucción tradicional tiene poca o nula cabida, en su lugar se propone una alternativa de aprendizaje bajo la cual de forma planificada y deliberada, la educación es dirigida por objetivos de aprendizaje, más que por la simple enseñanza. El modelo educativo basado en competencias se apoya sobre el éxito de los estudiantes, a través de la demostración de su aprendizaje y la adquisición hasta cierto nivel de las habilidades definidas por la competencia (Everhart, 2014).

Se requiere un esfuerzo considerable para “dar la vuelta” al enfoque tradicional de la educación. Un esfuerzo que requiere de estrategias, capacitación, disposición de operación y de la adaptabilidad administrativa para conjugar los esfuerzos de académicos y directivos. En este trabajo se reportan los avances que en función de esto que se escribe, se han hecho para conseguir un cambio de paradigma en materia de educación.

La metodología que se presentará más adelante es resultado de la evolución de éxitos y fracasos de intentos preliminares que se remontan a cuando menos dos décadas atrás. Al principio hubo esfuerzos aislados por parte de algunos profesores que consideraban que la cátedra no generaba los resultados de aprendizaje esperados tales como: transferencia de conocimiento, aprendizajes a mediano plazo y falta de habilidad para resolver problemas, entre otros. El primero, y tal vez uno de los más significativos esfuerzos para romper los viejos moldes de la educación, se llevó a cabo mediante la integración curricular de

---

<sup>1</sup> Profesor planta del departamento de Física y Matemáticas de la EDIA del Campus Estado de México del TEC de Monterrey. cprado@itesm.mx

Matemáticas, Física y Computación. Esta propuesta buscó hacer de la educación algo más vivencial. Se combinaban los conocimientos de las áreas referidas en un intento de que los problemas fueran más reales y tuvieran, por la combinación de la Física y la Matemática, la cualidad de “transferencia” entre diversas áreas del saber. Se usaban deliberadamente las tecnologías de la información con las que se contaba en aquel entonces para hacer análisis, y se utilizaban herramientas de solución de problemas complejos que involucraban modelación matemática. Tal vez la carencia más notaría de esta propuesta es que no se logró dar cobertura a todos los estudiantes, sólo se atendió a los mejores alumnos y sólo se consiguió involucrar a unos cuantos cursos de las áreas del tronco básico del área de ingeniería.

De manera simultánea e independiente, se planteó un primer esfuerzo institucional encaminado a establecer un “nuevo modelo educativo” que tomó en aquel entonces (hace poco más de tres lustros) la opinión de profesores, directivos, ex alumnos, asociaciones y empleadores, para adecuar la educación de ese tiempo y acercarla a las necesidades de los empleadores y de la sociedad en general.

Una siguiente etapa que se llevó a cabo aproximadamente hace unos diez años y a la que se llamó “Hilo Conductor”, planteó la posibilidad de extender la integración curricular a varias áreas de las carreras no sólo de ingeniería, sino también de las áreas de negocios y de ciencias sociales. La idea tomó mayor fuerza bajo la concepción de que la vinculación con las empresas y las asociaciones civiles podrían generar problemáticas que bien pudieran servir como “Hilos” de conducción para guiar situaciones reales y para las cuales fuera necesario recurrir a un cúmulo suficiente de conocimientos y habilidades para ofrecer una solución. No obstante, la idea no logró concretarse de manera generalizada y sólo fue un acercamiento más a un modelo educativo con rasgos similares al que ahora se ha extendido a todos los Campus que conforman el sistema universitario.

## **METODOLOGÍA**

Una educación basada en competencias exige en primer lugar considerar qué tipo de competencias se quieren desarrollar a nivel institucional. Para el caso de esta propuesta, éstas quedaron establecidas por dos particulares: la formación del ingeniero (en su sentido de persona y profesionista) y la alineación a los procesos de acreditación de las carreras de ingeniería.

De acuerdo al argot habitual, estas competencias se clasificaron en transversales y disciplinares. Las transversales enfocan a la persona, y se establecieron de acuerdo a la misión y visión del Instituto. La lista completa de éstas aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista de competencias transversales consideradas en el modelo educativo

<b>Competencias transversales</b>		
• Liderazgo.	• Ética.	• Trabajo colaborativo.
• Emprendimiento.	• Ciudadanía y pago de la hipoteca social.	• Manejo de tecnologías de información y comunicación.
• Innovación.	• Perspectiva global.	• Lenguas extranjeras.
• Pensamiento crítico	• Curiosidad intelectual.	• Comunicación.
• Solución de problemas.	• Pasión por el autoaprendizaje.	

Para el área de Ingeniería se optó por las competencias disciplinares definidas por una acreditadora internacional: Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). Indexadas como lo hace ABET, las competencias que se adoptaron para el modelo educativo aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Lista de competencias disciplinares (ABET) consideradas en el modelo educativo

<b>Competencias disciplinares</b>	
a. An ability to apply knowledge of mathematics, science and engineering.	b. An ability to design and conduct experiments, as well as to analyze and interpret data.
c. An ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability.	d. An ability to function on multidisciplinary teams.
e. An ability to identify, formulate, and solve engineering problems.	f. Understanding of professional and ethical responsibility.
g. An ability to communicate effectively.	h. The broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global, economic, environmental, and societal context.
i. A recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning.	j. A knowledge of contemporary issues.
k. An ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.	

Un aspecto digno de mención se refiere al hecho de que generar estas competencias no se limita al lapso de duración de un curso, ni siquiera de un solo semestre; en efecto, su adquisición se logrará de forma gradual a lo largo de toda la carrera. Para este propósito se dividió la administración del modelo educativo en tercios, cada tercio con una duración de tres semestres, un total de tres tercios para cada carrera. Las siguientes consideraciones podrían entenderse como una lista sintética de los aspectos que se han atendido en la metodología de este modelo educativo.

Primero, se debe recurrir a una didáctica general diferente a la didáctica tradicional. La intención es ante todo “sacudirse” la pasividad del proceso para llevar a los alumnos a un esquema de aprendizaje activo. Parte de la experiencia recabada después de los varios intentos que se han señalado en este artículo, es que la colaboración requerida se enriquece cuando se promueve desde diferentes esferas del conocimiento, incluidas las áreas de negocios y ciencias sociales. En segundo lugar, la tecnología se convierte en una herramienta natural del proceso y con ella se entra en las diferentes aplicaciones existentes para motivar una educación participativa. Tercero, la parte administrativa es de una importancia fundamental. En efecto, nada de lo señalado en este último apartado tendría sentido sin la coordinación general y estratégica del cuerpo administrativo que involucre a rectores y directores para que se establezcan por su conducto aspectos tales como misión, visión, difusión, capacitación, orientación y evaluación del proceso.

En esta travesía que se ha descrito hasta el momento y establecida la meta de una educación por competencias, se requería de una propuesta pedagógica (de acción) que coordinara todos los esfuerzos. Este elemento didáctico coordinador existe y se le llamó “RETO”. La siguiente es una definición consensada e institucional de Reto (Tecnológico de Monterrey, 2015a): “La educación basada en Retos es un enfoque pedagógico que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno, la cual implica la implementación de una solución”. A continuación se resaltan los elementos distintivos de esta definición:

- a) Este enfoque educativo promueve el aprendizaje activo del estudiante, quien debe involucrarse más allá de sólo “recibir clase”, en su propio proceso de aprendizaje. Un Reto bien pensado conlleva una componente emocional muy interesante: la motivación para involucrarse en todo el proceso de solución. Así, un Reto debe contener la componente que en educación se llama significancia, es decir, la componente educativa que le da sentido a quien aprende en términos del “por qué” y “para qué” aprender.
- b) Un Reto no es un ejercicio rutinario, es una situación problemática que requiere la conjugación de conocimientos y habilidades de diverso tipo.
- c) La problemática que conlleva el Reto es real. Como se mencionó anteriormente, todas las carreras profesionales han sido divididas en tres tercios. La distribución y el enfoque en cada uno de estos tercios es la siguiente. En el primer tercio, llamado de “Exploración” (semestres 1-3), los jóvenes estudiantes viven propiamente una adaptación a la vida universitaria y a su formación profesional. Son participantes del modelo educativo pero dada su madurez, sus conocimientos y habilidades, se cuida que los retos no vayan más allá de su capacidad. Ésto hace que los Retos de esta etapa sean situaciones modestas de aplicación razonablemente directa y conllevan una atención más cuidada del proceso por parte de los profesores. La vinculación con el entorno exterior a la universidad no es tan franca, y en buena medida los modelos, aunque tienen un tinte de realidad, no intentan resolver una situación técnica real. En particular, esta etapa de descubrimientos y exploración se caracteriza por la modelación en los diferentes escenarios de su incipiente formación profesional. Por lo mismo, esta etapa se ha planteado bajo la impronta de realización de “muchos” retos de moderada dificultad técnica.
- d) En el segundo tercio, llamado de “Decisión” (semestres 4-6) se incursiona con mayor franqueza en la vinculación. Ahora, la cantidad de retos es menor de lo que fue en el

primer tercio de las carreras, pero en contraste con aquél, ahora se busca la vinculación como elemento distintivo del Reto. Todavía se aprecia entre los jóvenes la combinación de varias carreras, lo que significa un elemento deseable dentro del modelo educativo. La idea de fondo es que los problemas surgidos de la realidad, difícilmente se podrán resolver desde la visión de una sola profesión. En esta etapa hay una conjugación de las diferentes disciplinas de la ingeniería. Los Retos se plantean desde la vinculación bajo una coordinación de profesores también de diversas disciplinas.

- e) En el último tercio, llamado de “Especialización” (semestres 7-9) de manera muy distintiva y contrastante con los dos primeros, el Reto es una aplicación para la que la vinculación es un elemento no sólo deseable sino indispensable. En este tercio, la propuesta sobre el número de retos ha disminuido considerablemente dando lugar por ello al enfrentamiento de una situación más demandante donde los alumnos deben conjugar sus diferentes saberes y habilidades para dar una solución viable a la situación presentada. Los profesores de diversas áreas de la ingeniería hacen ahora un equipo que integra a personas en el ejercicio de una profesión dentro de una empresa o asociación civil o del ámbito gubernamental. De hecho, parte de los comités de evaluación para este tercio (en menor medida para el segundo y primero, en este orden) están formados no sólo por profesores, sino también por personas de comunidades, asociaciones, empresas o gobierno. Ellos son en buena medida quienes evalúan la viabilidad de las soluciones generadas y presentadas por los estudiantes.

En este tenor de ideas acerca de la implantación de este modelo educativo, se indican en la Tabla 3 ejemplos de Retos que se plantearán a los alumnos en este próximo semestre agosto-diciembre de 2016. Por cuestiones de extensión del presente escrito, se ha indicado sólo el nombre del Reto y una breve descripción del mismo.

Tabla 3. Ejemplos de Retos que se implantarán en el semestre agosto-diciembre del 2016

Nombre del Reto	Breve descripción
<p>Nombre del Reto: Ruta Bajío ¿Cómo incrementar el contenido de producto nacional en los autos armados en México?</p> <p>Reto para el segundo tercio. Carreras involucradas: Ingeniería Industrial y de Sistemas, Ingeniería en Diseño Automotriz, Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Licenciatura en Administración de Empresas, Licenciatura en Negocios Internacionales, Licenciatura en Creación y Desarrollo de Empresas.</p>	<p>El alumno modela, analiza y mejora productos, procesos y servicios aplicando herramientas de la Ingeniería Industrial y de Sistemas (administración estratégica, sistemas logísticos, optimización de procesos, sistemas de manufactura, administración de la calidad total). Los indicadores a usar son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Identifica y describe claramente la problemática.</li> <li>Analiza y modela la problemática usando herramientas de la Ingeniería Industrial y de Sistemas y reconoce su complejidad identificando todos los factores involucrados y sus interrelaciones.</li> <li>Propone al menos dos soluciones potenciales a la problemática detectada</li> </ol>

	<p>y las compara identificando los aspectos a favor y en contra de cada una en el contexto analizado.</p>
<p>Reto del tercer tercio: Nombre del Reto: Alcatel-Lucent (Learn &amp; Apply: Web RTC – Telecommunications Evolution) Carreras involucradas: Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Mecatrónica, Licenciatura en Administración y Finanzas, Licenciatura en Creación y Desarrollo de Empresas</p>	<p>En esta actividad los alumnos crearán soluciones completas sobre conceptos de WEB RTC –Web Real Time Communications, que es el punto de encuentro entre los mundos de Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones. Con herramientas de Alcatel-Lucent y el apoyo de todos sus grupos técnicos, preventa y venta, durante la semana-i se crearán soluciones creativas e innovadoras de comunicación para el mundo real. Con infraestructura de primer nivel (igual a la empleada por empresas líderes en el ramo de telecomunicaciones como AT&amp;T) los alumnos emplearán su creatividad para desarrollar una solución integral (caso de negocio, modelo de negocio, solución técnica, diseño de imagen, etc.).</p>
<p>Nombre del Reto: Residente de Obra Reto del primer tercio. Carreras involucradas: Ingeniería Civil, Arquitectura.</p>	<p>Los alumnos participarán como residentes de obra durante toda la semana y realizarán dos actividades principales:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Llevar la bitácora de Obra: a los alumnos por parejas, se les asigna una obra, ellos se presentarán con equipo de protección en dicha obra, en un horario de 7:00 am a 5:00 pm. Los alumnos registrarán todo lo acontecido en la obra, en una libreta (bitácora), ésto permitirá que el alumno conozca, de primera mano, todas las actividades que se realizan en una obra</li> <li>Harán una práctica de investigación para mejorar procesos y herramientas de construcción: el objetivo es que el alumno mejore un proceso y/o una herramienta de construcción. El alumno va a utilizar la técnica de observación y/o la de entrevista a profundidad, con las personas involucradas directamente en el proceso, con base en esto el alumno propondrá</li> </ol>



	<p>mejoras, para lograr mejor calidad en el trabajo, o para reducir tiempos de elaboración del trabajo, o para hacerlo más seguro. Finalmente las presentará apoyándose en un video que dará evidencia de la problemática, podrá presentar testimonios de mejores propuestas para los involucrados en el proceso de construcción, definirá un marco de referencia y con base en todo lo anterior hará una propuesta de mejora.</p>
--	--

Una parte muy importante de la metodología de implantación de la enseñanza basada en competencias es la evaluación del aprendizaje previo; un proceso importante ya que toda acción orientada a la formación de competencias debe tomar como base los aprendizajes previos, así como el tipo y nivel de competencias que los estudiantes ya poseen. El aprendizaje previo es el término que se utiliza para describir el aprendizaje que una persona adquiere fuera de un determinado entorno académico. Se puede adquirir a través de experiencia laboral, programas de entrenamiento corporativo, estudio independiente, cursos sin acreditación formal, servicio comunitario o voluntariado, viajes o seminarios, o simplemente, de otras experiencias educativas (Argudín, 2006). Todo esto para llegar al elemento esencial de la educación basada en competencias, a saber: la demostración de las competencias, es decir, que un estudiante compruebe que efectivamente puede desempeñar o realizar una función o tarea específica a un nivel establecido.

Al valorar el alcance y los objetivos que sobre su misión y visión, la Institución que se ha planteado en este modelo puede apreciar que éste es muy disruptivo. Por lo que se señaló en la Introducción, hay una historia y antecedentes suficientes como para intentarlo tal y como se ha descrito. No obstante, se han tomado medidas precautorias para su implantación. En primer lugar, hace un año que se llevó a cabo un primer piloto en la carrera de Ingeniería Industrial, se llevó a profesores y alumnos a vivir la experiencia durante una semana. El curso normal de las clases se suspendió y se le dio lugar a ésta vivencia. Se presentaron a los alumnos diferentes Retos a lo largo de los tres tercios, Retos relacionados directamente con la carrera de Ingeniería Industrial. La evaluación de la experiencia tiene aspectos tanto positivos como negativos. Entre los aspectos positivos está por supuesto la disposición para participar en una experiencia como ésta, la que señalan los alumnos en términos de lo que aprendieron y que no habrían aprendido igual durante sus cursos. En los aspectos negativos, los más significativos son: falta de vinculación con problemas de contexto real, una participación más decidida por parte de algunos docentes.

Una segunda etapa, más ambiciosa que la primera se llevó a cabo en todos los Campus que conforman la Institución a lo largo del territorio nacional. Una semana completa, ahora en todas las carreras, con un manifiesto enfoque de vinculación y un factor poco explorado en la primera oportunidad: trabajo de campo, trasladando a docentes, alumnos y algunos directivos fuera de las instalaciones de los Campus donde habitualmente realizan su labor

académica. Nuevamente hay experiencias tanto positivas como negativas; no obstante, se sigue ganando experiencia y se pueden apreciar las fortalezas y áreas de oportunidad del modelo. La vinculación con los sectores empresariales, sociales o gubernamentales resultó un aspecto muy bien recibido. Los costos, la falta de coordinación y planeación en algunos casos, áreas de oportunidad que se espera mejorar en la siguiente oportunidad que se llevará a cabo en el segundo semestre de este año. Por último y digno de mención, se puede señalar que durante el primer semestre del 2016, se está llevando a cabo un piloto de semestre con esta modalidad para la carrera de ingeniería industrial. Los resultados de esta experiencia están pendientes al momento de la escritura del presente artículo. Ésta es la evolución del modelo, se espera que para el segundo semestre del año 2019, todas las carreras, en todos los semestres vivan para su formación profesional, el tipo de experiencias indicadas en las semanas descritas.

Una cuestión relevante en el modelo educativo descrito, es el que corresponde al desarrollo de los contenidos temáticos de los actuales programas de estudio. Parte de las observaciones que se han obtenido a raíz de las experiencias señaladas en las semanas “piloto”, se refieren al hecho de que los materiales de los cursos actuales no se cubren en su totalidad bajo el enfoque de Retos que hemos descrito. La solución que se tiene contemplada es que de manera adicional y haciendo uso de la tecnología y las diferentes técnicas didácticas con las que ya se cuenta en la actualidad, se desarrollen los materiales que los alumnos deben conocer al nivel de profundidad que se requiera dentro de su formación profesional. La propuesta que se ha señalado se complementará mediante la discusión o asignación para aprendizaje autónomo de módulos que se desarrollarán a lo largo y de manera simultánea con los Retos. Hasta el presente no es del todo clara la forma en la que éstos se trabajarán a lo largo del semestre. Hay varias ideas al respecto, pero en tanto no se experimente con un “piloto completo”, no podrá saberse a ciencia cierta cómo se implementará esta idea.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se ha señalado, la metodología descrita se implementó en dos semanas, una por cada semestre de los dos semestres del año 2015. Se trabajaron de manera simultánea Retos en las áreas de Negocios, Ciencias Sociales e Ingeniería. Una encuesta directa aplicada a los participantes reveló las opiniones de estos primeros esfuerzos. Se plantearon un total de 35 Retos a los estudiantes de Ingeniería. Se realizó una valoración de algunos temas que se consideraron sensibles dentro de la propuesta y se marcó una evaluación (sin mayor análisis) del piloto sobre los particulares que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Opinión de alumnos al respecto de su participación en los Retos propuestos

RUBRO	Evaluación
8	<a href="http://www.anfei.org.mx/revista">www.anfei.org.mx/revista</a>



Claridad de la conferencia inaugural del Reto.	1.91
Innovación del Reto	2.33
Vinculación con el entorno	2.08
El tiempo de dedicación al Reto, ¿fue adecuado?	2.43
¿Hubo alguna aportación a tu desarrollo profesional?	2.08
¿Hubo aprendizajes que no hubieses podido obtener en el aula?	2.08
El Reto te propuso una problemática real.	2.12

La evaluación se realizó sobre la base 1-5, donde 1 es lo mejor y 5 es la peor calificación. Como podrá observarse en términos de la opinión de alumnos, hay cosas que se deben mejorar. Por supuesto que debe existir una valoración diferente a ésta, una evaluación donde de forma objetiva se pueda tener cierta confianza de que el modelo promueve la adquisición de competencias. Todavía no se puede hacer una evaluación como ésta, pues el modelo está en ciernes.

### CONCLUSIONES

En este apartado, se señalarán algunas conclusiones asociadas con los Retos aplicados. Se exponen aciertos y áreas de oportunidad detectadas.

1. En primer lugar, una metodología como ésta requiere madurez e involucramiento de todos los participantes dentro de la Institución, particularmente profesores y directivos.
2. Un rasgo distintivo de esta metodología es que su implantación es metódica y se ha hecho extensiva a todas las carreras durante todos los semestres. Ésto marca una diferencia sustancial con relación a los esfuerzos aislados que pudieran realizar “profesores en solitario”.
3. La capacitación y apertura son condiciones mínimas para un modelo educativo como el que se ha presentado.
4. Dependiendo de la institución, una metodología como la descrita en este artículo podría llevarse a cabo sin la necesidad de ser tan disruptiva. Cada Institución tendría que definir su nivel de alcance.
5. Una educación por Retos exige un enfoque multidisciplinar que se debe traducir en la colaboración de profesores en diferentes áreas del saber.
6. En esta modalidad se apuesta por una mayor interacción entre profesores y alumnos, sin embargo, el tiempo de clase disminuye. Se requiere hacer un balance entre lo que los alumnos pueden aprender guiados por el Reto, y lo que éstos requerirán del conocimiento teórico que bien podría discutirse con ellos de forma presencial o mediante auto estudio.
7. El proceso mismo generará incertidumbre tanto para profesores como para alumnos. Se tendrá que aprender a convivir con la frustración y la incertidumbre.

### BIBLIOGRAFÍA

- Argudín, C. (2006). *Educación Basada en Competencias: nociones y antecedentes*, México, Trillas.
- Espíndola, J. (2011). *Reingeniería educativa. Enseñar y aprender por competencias*, México, CENGAGE Learning.
- Everhart, D. (2014, octubre 2). *3 Key Characteristics of Competency Based Learning. Blackboard Blog*. Recuperado de: <http://blog.blackboard.com/3-key-characteristics-of-competency-based-learning/>

Tecnológico de Monterrey (2015a). *Modelo Educativo del Tecnológico de Monterrey*.

Recuperado de:

<http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/ITESM/Tecnologico+de+Monterrey/Nosotros/Modelo+educativo/>

World Economic Forum (2015). *New Vision for Education: Unlocki*.