

LA PROFESIÓN DE INGENIERO EN EL SIGLO XXI

NECESIDADES EDUCACIONALES Y RETOS SOCIALES QUE AFRONTA LA PROFESIÓN*

Diran Apelian

Director del Instituto de
Procesos Metálicos
Instituto Politécnico de
Worcester (EE.UU.)

* Conferencia en el 2007 Hoyt
Memorial

Síntesis y traducción realizada por
Ignacio Fernández de Aguirre
Guantes

La Conferencia del Memorial Hoyt del 2007 se orientó a la redefinición de la educación en ingeniería para el siglo XXI, considerando los paradigmas cambiantes; ponía el énfasis en la ingeniería de materiales y la industria procesadora de metales.

INTRODUCCIÓN

La formación del ingeniero y su misma profesión se enfrentan a una encrucijada desafiante. Algunos lo ven como una crisis, otros como una oportunidad, para situar a nuestro colectivo y a la sociedad en el siglo XXI. Sería honesto decir, sin embargo, que no estamos muy satisfechos con la situación actual ni con lo que parece ser nuestro reto a corto plazo. Como decía **Charles Dickens** en su *Historia de dos ciudades*, "Era el mejor de los tiempos, era el peor de los tiempos".

El escritor y periodista **Thomas Friedman** ha definido que hoy en día *el mundo es plano* (1) y que la globalización de la economía ha amplificado el impacto de la tecnología en las

sociedades modernas hasta cotas nunca previstas anteriormente. No se discute que la educación juega un papel importante en la prosperidad de los estados, pero muchos autores, como **Landes** (2) por ejemplo, afirman que es la presencia tanto del *conocimiento* como del *saber hacer* (*know-how*) lo que define el nivel de sus sociedades. Por esa razón, la educación de los ingenieros se convierte para los estados en crítica con el fin de asegurar la prosperidad de sus ciudadanos. Los principios que siguen están basados en esa premisa:

- Conocimiento y saber hacer determinan la situación comparativa entre sociedades.
- La educación del ingeniero es crítica para asegurar la prosperidad de los ciudadanos en cada estado.

- El nivel de vida depende de nuestra habilidad en educar un número elevado de ingenieros suficientemente innovadores.
- La inversión en I + D alimenta la innovación.
- La creación de riqueza es dependiente de la capacidad de unos países para crear productos que otros deseen adquirir.

La identidad profesional moderna del ingeniero apareció ya durante el siglo XVIII en **Francia** con la creación de la Escuela Politécnica y con la fundación de las sociedades profesionales de ingeniería en Inglaterra. La metodología actual de educación del ingeniero, incluso la estructura de su currículo, ya estaba establecida al iniciarse el siglo XX. Aunque ciertamente se ha producido alguna evolución, los cambios han sido relativamente modestos y la estructura básica, con



(1) Friedman, T.L.: *El mundo es plano: una breve historia del siglo XXI* (2005)

(2) Landes, D.S.: *El bienestar y la pobreza de las naciones. Por qué algunas son tan ricas y otras tan pobres* (1998)

sus contenidos de los cursos de un programa moderno, resulta familiar para alguien que se haya formado en los años sesenta. Además, los contenidos de las carreras de ingeniería desarrollados en occidente han sido adoptados por los países en desarrollo, quizá con mayor intensidad y para una audiencia ansiosa de aprender, por lo que su talento se ha convertido en un producto vendible. La cuestión ahora en los países desarrollados, de cómo nos diferenciamos, es el punto de apoyo para entrar en el siglo XXI.

Ya no hay tiempo para más reformas, aunque sean importantes, de la educación en la ingeniería. Innumerables reuniones, grupos de trabajo, foros y comisiones han puesto de manifiesto la necesidad y demostrado elocuentemente que la competitividad de un país y, por lo tanto, su estándar general de bienestar depende de su habilidad para educar un número suficiente de ingenieros innovadores. La figura 1 muestra claramente ese aspecto apreciando el incremento de la producción manufacturera, especialmente si se compara **EE.UU.** o **Europa Occidental** con **Japón** o **China**.

Es evidente que el mundo ha cambiado de manera fundamental en la última o dos últimas décadas. Son los ordenadores los responsables de haber alterado nuestro modo de vida y trabajo, transformando la capacidad

de disponer de información. Nos dirigimos rápidamente hacia un mundo donde, para cualquier objetivo práctico, podemos *procesar información infinitamente rápido, almacenar infinito volumen de datos y transmitirlos instantáneamente*. Como resultado del desarrollo de Internet, el conocimiento ha sido “comunalizado”. Todos podemos acceder al conocimiento sobre cualquier tema y, lo que es igualmente importante, ya no será “propiedad” de los expertos. Los ordenadores han facultado también que el hombre o la mujer medios puedan crear productos que antes requerían grandes empresas con importantes recursos. En muchos aspectos hemos alcanzado el punto de que con estos medios, lo que podemos imaginar podemos crearlo. Tal como avanzará en los próximos veinte años la capacidad de los ordenadores y el software, es muy probable que un estudiante graduado, con un portátil y un poco de tiempo, sea capaz de crear una película de larga duración con actores virtuales, de una calidad que ahora solo la consiguen grandes compañías cinematográficas. Y lo mismo es probable que suceda con el diseño de componentes técnicos, aunque se precise más tiempo. El solicitar y recibir productos por la web está en nuestra vida diaria y se ha iniciado el e-manufacturing, cuando un

cliente envía la descripción del componente a elaborar y se le remite por esa misma vía.

Un aspecto positivo de todo ello es la mejora de nuestro bienestar material que hace posible, por primera vez en la historia, eliminar la extrema pobreza. En su aspecto negativo está, también por primera vez en la historia, que el consumo humano de materias primas y energía puedan dañar irreversiblemente el medio ambiente global. La ingeniería en este mundo nuevo es por ello a la vez una empresa desalentadora y atractiva.

CONTEXTO SOCIAL

Con objeto de mejorar continuamente productos y servicios, las instituciones han sido capaces de diseñar y adoptar una cultura docente, iniciándose la era del conocimiento. Organizaciones que aprenden son las que en ellas la información no solo fluye de arriba hacia abajo, sino que tanto información como conocimiento circula libremente por todas ellas. En una organización que aprende, cada persona y cada puesto de trabajo debe ser un lugar de captación de nuevas ideas y de mejora de su producto. Las organizaciones de producción en serie, los gobiernos y las enseñanzas superiores no tienen ese tipo de sensibilidad. El dilema es que solo implantando tecnologías o sistemas flexibles de trabajo y dando a los empleados oportunidad de utilizarlos, ha sido insuficiente. Dar posibilidades a la gente sin dotarles de la formación necesaria para utilizar esa autonomía es realmente un ejercicio hueco.

En una economía global marcada por la innovación implacable, lo que una empresa sabe se ha convertido en tan importante como lo que produce. La era del conocimiento es, con mucho, la fuerza subyacente con la que entramos en el siglo XXI. El éxito en los mercados aumenta en relación con la capacidad de las organizaciones a gestionar e incrementar su capital intelectual: los intangibles y a menudo invisibles activos como el conocimiento y competencia del per-

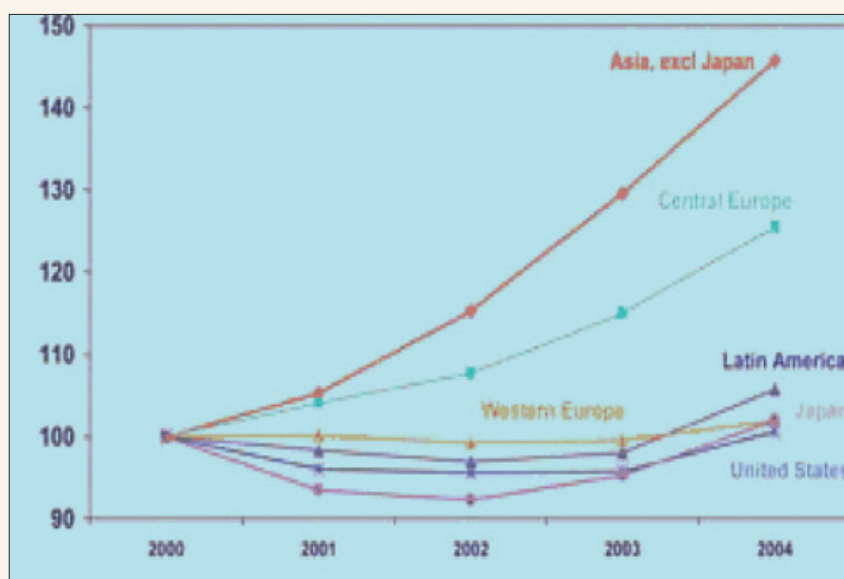


Figura 1 – Producción manufacturera por regiones del mundo

En muchos aspectos hemos alcanzado el punto de que con estos medios, lo que podemos imaginar podemos crearlo

sonal, la propiedad intelectual o los sistemas de información, que no se asientan directamente en los balances pero, en mi opinión, son tan valiosos como los conceptos financieros. Los modelos y paradigmas educativos para la profesión de ingeniero del siglo XXI deben dirigirse hacia estas cuestiones.

Se han confirmado claramente dos principios:

- *Primero, que la competencia global – esto es importaciones, exportaciones, inversiones en el exterior y alianzas internacionales – se expande a gran velocidad.*
- *Segundo, que en muchos mercados, la base de competitividad incluye actualmente no solo el precio de venta del producto, sino la originalidad, variedad y velocidad de desarrollo de nuevos productos y servicios.*

Encabezando este cambio radical en la economía de hoy están la tecnología y la competencia y desregulación globales, que probablemente se acelerarán en los años venideros. Estas fuerzas no pueden ser ignoradas ni decretada su eliminación. Los cambios requieren un nuevo método de trabajo, un nuevo paradigma de funciones y la inversión en el capital más importante que tenemos, los recursos humanos. La educación del ingeniero, al comienzo del siglo XXI, necesita afrontar estos retos.

CONTEXTO HISTÓRICO

Luis XVI estableció un cuerpo de ingeniería civil para supervisar los proyectos y construcción de puentes y caminos en **Francia**. En 1716 estableció una organización denominada *Cuerpo de Ingenieros de Puentes y Caminos*, que lógicamente dispuso a

partir de 1747 de una escuela para formar a sus miembros: la primera escuela de ingeniería existente. Esto llevó a la fundación en Francia de otras escuelas técnicas, las Escuelas Superiores. La famosa *Escuela Politécnica de París*, fue constituida por Napoleón en 1794. El matemático **Laplace** escribió que el objetivo de esta Escuela era obtener jóvenes “destinados a constituir la élite de la nación y a ocupar altos puestos en el estado”. En **Francia** aún al “politécnico” se le considera un nivel superior.

Por otra parte, si analizamos la evolución de la ingeniería en **Gran Bretaña**, apreciamos diferente enfoque. La clase alta inglesa creía más en la educación clásica, desde la que los jóvenes brillantes hacían carrera en la iglesia o en el ejército. No hubo ninguna significativa fundación pública durante la revolución industrial y no fue hasta los años 1900 en los que las Universidades de **Oxford** y **Cambridge** crearon cátedras de ingeniería. Mucho de la revolución industrial se hizo basado en el ingenio individual y la iniciativa empresarial. El conocimiento se adquiría pragmáticamente en los talleres o en las obras y la iniciación como aprendiz era la vía para que los jóvenes accediesen a la ingeniería. Ambas culturas, la de base teórica promovida por las Escuelas francesas y la práctica actitud británica, cruzaron el Atlántico e impactaron en el desarrollo de la educación de los ingenieros americanos. Aunque sea posible aducir que a la unión de teoría y práctica se debe una parte no pequeña del extraordinario éxito de la ingeniería americana en el siglo XX, el encontrar su proporción correcta preocupó a los educadores a lo largo de todo el siglo.

Así como la educación ha cambiado en el pasado para ajustarse a las

necesidades de la sociedad, la evolución debe continuar y es necesario un cambio para afrontar las del siglo XXI. Con mucha aproximación y amplio margen de error podemos resumir las tendencias más importantes de la educación en ingeniería según las siguientes etapas:

- **Siglo XIX y primera mitad del XX: el ingeniero profesional** –

Como la ingeniería se convirtió en una profesión diferente, los programas se enfocaban para dotar a sus graduados de una amplia formación. Por otra parte, el papel de la ciencia y las matemáticas aumentaba paulatinamente y ganaba aceptación.

- **Segunda mitad del siglo XX: el ingeniero científico** –

Desde la mitad del siglo, los avances tecnológicos, incluido el éxito tenido por la energía nuclear y la realidad de la industria aeroespacial, llevaron a precisar ingenieros versados también en ciencias y matemáticas, debiendo su currículum ajustarse a esos cambios. Esa estructura ha llegado, en gran medida, hasta nuestros días, aunque el contenido en “diseño” haya crecido suavemente. A comienzo de los 90 estaba claro que se precisaba algo más que la ciencia y muchas escuelas comenzaron a impartir habilidades profesionales no técnicas como trabajo en equipo y comunicación.

- **El siglo XXI: el ingeniero emprendedor**: Los rápidos cambios

que, como se ha dicho, sufre el mundo actual, unido a los realizados en la educación del ingeniero en los últimos años, deben desembocar en una revisión profunda de esa educación. Mientras, casi con certeza, la

nueva estructura continuará basada en una sólida preparación basada en las matemáticas y las ciencias, es probable que para consolidar el papel profesional del ingeniero, se exijan nuevas calificaciones adecuadas al nuevo orden mundial.

LA INGENIERÍA Y EL INGENIERO DEL SIGLO XXI.

Por supuesto que no podemos expresar lo que será la profesión de ingeniero de aquí a cien años. El constante debate que actualmente tiene lugar entre líderes de la profesión y educadores sugiere que la innovación será el tema central. Lo cierto es que la carrera es una mercancía y el aspecto rutinario de los servicios de ingeniería podrá adquirirse a proveedores de bajo costo en cualquier parte del mundo. Por eso la educación deberá añadir valor más allá de la sola enseñanza de conocimientos. Por supuesto que eso no significa que los futuros ingenieros no deban tener conocimientos. Todo lo contrario, tendrán que ser más avanzados técnicamente que los que actualmente desarrollan en su trabajo diario tareas prácticas claramente definidas. El ingeniero del siglo XXI deberá ser capaz constantemente de reunir información y decidir durante su actividad, incluso sobre las herramientas necesarias para cada trabajo. Los conocimientos técnicos, de liderar personas y de innovar exigidos a los futuros ingenieros, quizá con modestas exageraciones, pueden resumirse como sigue.

El ingeniero emprendedor del siglo XXI:

- **Sabe todo** – pues puede encontrar información de cualquier cosa rápidamente y sabe como evaluarla y utilizarla. Tendrá la habilidad de transformar información en conocimiento.
- **Puede hacer todo** – entendiendo por ello que el ingeniero graduado puede juzgar con rapidez lo que necesita ser hecho y qué medios son necesarios para hacerlo, definir las herramientas precisas y utilizarlas con eficacia.

• **Trabaja con cualquiera en cualquier lugar** – disponiendo de las habilidades necesarias de comunicación, trabajo en equipo y comprensión de los problemas globales, para trabajar eficazmente con otras personas.

• **Imagina y puede hacer de la imaginación una realidad** – tiene espíritu emprendedor, imaginativo y de gestión para identificar necesidades, aportar soluciones nuevas y ver más allá.

¿Cómo podemos educar a alguien, apenas en la edad adulta, para adquirir esta calificación? ¿O, para ese objetivo, tienen algún significado concreto esos planteamientos tan generalistas? Nuestro desafío está en que hay que lograrlo y que, antes de nada, debemos trasladar estas metas a los requisitos específicos del currículo y después veremos si estamos acertados en camino de lograrlos o si al menos vislumbramos cómo continuar.

La preparación de ingenieros jóvenes para trabajar en un mundo plano no puede tolerar que las escuelas consideren estos temas una actividad extra-curricular, accesible solamente a los que dispongan de tiempo y recursos para abordar un curso suplementario. Todo estudiante debe ahora desarrollar globalmente aptitudes y habilidades necesarias a su función desde el primer momento en que forma parte de un equipo de trabajo.

Siendo los conocimientos una mercancía, el ingeniero del futuro debe ser capaz de hacer algo más que solo abordar tareas técnicas. Siempre han existido ingenieros excepcionales que tenían imaginación, visión, dedicación y perseverancia para cambiar nuestro modo de vida. Eran los que no se permitían un trabajo de ingeniería compuesto de tareas con objetivos rutinarios. Los ingenieros del futuro deben, por su parte, estar totalmente fuera de lo común. No conseguirán disfrutar del confort de puestos bien pagados con tareas rutinarias, más o menos invariables año tras año. Cada vez más el ingeniero del futuro será responsable de crear

nuevas ideas y soluciones, llevándolas a cabo. La innovación ha sido identificada como uno de los factores más importantes para la prosperidad futura de países e individuos. Los retos del ingeniero son aun mayores: no solo debe innovar, sino colaborar para que la innovación llegue a hacerse realidad. Por eso, la educación del ingeniero debe prepararle tanto a ver nuevas oportunidades, como a darle la habilidad necesaria para coordinar los recursos que realicen sus ideas.

RECOMENDACIONES PROACTIVAS

Los ingenieros resuelven problemas, hacen que las cosas funcionen y promueven la calidad de vida en el planeta. Esto ha sido siempre así, pero lo que ha cambiado actualmente han sido las necesidades de la sociedad y cómo los ingenieros deban responder a esas necesidades. A finales del siglo XIX, los ingenieros estaban involucrados en hacer objetos, construir puentes y desarrollar la producción en serie, pasándonos de una sociedad agrícola a una industrial. Ya en el siglo XX, con los avances de la física y la comprensión de la estructura atómica, los ingenieros se convirtieron en científicos pues precisaban de ciencias básicas para resolver los problemas a que se encaraba la sociedad. Estos incluían las necesidades de defensa (armamento nuclear, aviación supersónica, cohetes) para desarrollar semiconductores y la revolución en los componentes electrónicos (era de la información), entre otras muchas invenciones. Al entrar en el siglo XXI, el ingeniero precisa ser emprendedor y debe liderar la orientación de las necesidades de nuestra sociedad global. Con el 20% de la población mundial viviendo en absoluta pobreza, el 18% no disponiendo de agua potable, el 40% sin acceso a la sanidad, con un consumo de energía creciendo a ritmo mayor que el crecimiento de población, no hay duda que el ingeniero del siglo XXI necesita ser un científico social tanto como el líder emprendedor que satisfaga estas necesidades.



Yendo más adelante, hay acciones específicas que nuestra comunidad debería considerar: el tema subyacente de que necesitamos cambiar la imagen de la ingeniería y que es preciso poner en marcha el “motor de la innovación”

CAMBIO DE IMAGEN

La imagen pública actual de los ingenieros y de la ingeniería no refleja la realidad. Es un hecho que muchos industriales y directivos de elite que son ingenieros, e incluso banqueros o financieros, se han educado como ingenieros. No hay límite. La imagen de la ingeniería necesita cambiar para que refleje las ilimitadas oportunidades y estilos de vida que esperan a nuestros graduados.

Desde comienzo del siglo XX, los educadores de ingeniería no prestaban atención a los temas de gestión y esencialmente tendían a considerar a la gestión fuera del currículo de la ingeniería; a partir de la 2ª Guerra Mundial, hemos visto el incremento de MBA no ingenieros. Curiosamente,

Laplace, uno de los fundadores de la *Escuela Politécnica de Francia* decía:

“La Escuela Politécnica debe aspirar a producir jóvenes destinados a formar la elite de la nación y a ocupar los más altos puestos en la administración”

Así es como se veía el Politécnico en 1794. Quizá necesitamos volver a esta imagen y convencer a nuestros jóvenes de las oportunidades de liderazgo que ofrece la ingeniería. Es más, precisamos tener un mensaje unificado, pues el actual es un mensaje fragmentado. El ofrecido por ingenieros industriales, mecánicos, metalúrgicos, de materiales, eléctricos o químicos no es el mismo. Son divergentes y deberían ser idénticos – *Se precisa un mensaje unificado.*

RETOS SOCIALES Y LA INGENIERÍA COMO PROFESIÓN FUNDAMENTAL

Durante el siglo XXI veremos como la población mundial pasa de unos 6.500 a 9.500 millones de habitantes y la mayor parte de este creci-

miento tendrá lugar en los países en desarrollo. Las necesidades sociales respecto a recursos energéticos, transportes, vivienda, reciclado de materiales, bio-materiales y salud se incrementarán. Esta es precisamente la razón por la que la ingeniería es tan atractiva para la próxima generación: necesitamos hacer que ésta sea una profesión fundamental, aunque no lo expongamos explícitamente.

CONCLUSIONES

Es impensable que nuestra sociedad pueda permanecer competitiva y mantener el actual nivel de vida sin disponer de un elevado número de personas con el conocimiento y el saber hacer para innovar. En los primeros días del comienzo de nuestra nación, se aseguraba que la democracia solo tenía éxito y se mantenía si el pueblo tenía esperanzas económicas y educacionales, estando ambas íntimamente ligadas. Para formar a los ingenieros que hagan frente a los retos del mañana, es preciso que reconozcamos que el mundo ha cambiado desde hace algunas décadas. Es más, debemos aceptar esos cambios y avanzar en el sentido de que afiancemos a la profesión de ingeniero en un contexto social. Necesitamos educar a los ingenieros en un modelo más próximo al politécnico francés: ingenieros que comprendan el contenido social de su trabajo, que entiendan la dimensión humana del mundo unida a la innovación y la creatividad. El reto es considerable, para las Escuelas y para el país. Sería adecuado, como conclusión, recordar lo que la **Reina Roja** dice a **Alicia** en “*A través del espejo*”:

Ahora, como ves, debes apresurarte todo lo que puedas para mantenerte en el mismo lugar. Si quieres conseguir algo más, deberás correr por lo menos el doble de rápido” ■