

Luis Roberto Vega González**

Un esbozo sobre el futuro inmediato de las carreras de ingeniería en México a partir del cambio científico-tecnológico*

An outline on the immediate future of engineering careers in Mexico from the scientific-technological change

Um esboço sobre o futuro imediato das carreiras de engenharia no México a partir da mudança científico-tecnológica

Revista LOGOS CIENCIA & TECNOLOGÍA ISSN 2145-549X,
Vol 3. No. 1, Junio – Diciembre, 2011, pp. 12-23

Resumen

La creación de carreras de ingeniería generalmente ha respondido a la demanda de nuevos ingenieros por parte de la sociedad para el manejo de las diferentes plataformas tecnológicas que a lo largo de los años han sostenido las actividades productivas. Tomando como marco de referencia las carreras de ingeniería que a lo largo de su historia se han impartido en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FIUNAM), en este trabajo se plantea un escenario sobre cuáles pueden ser las carreras de ingeniería

que posiblemente se crearán en México en el futuro cercano. La metodología parte de identificar las áreas de investigación y desarrollo tecnológico emergentes más dinámicas y previsibles las cuales seguramente influenciarán la creación de las nuevas carreras de ingeniería. El análisis muestra que los intensos cambios tecnológicos de las tres últimas décadas han provocando extraordinarios cambios económicos y sociales, por lo que el problema de la educación en ingeniería ha tenido que adaptarse para responder *también* ahora a la dinámica del cambio tecnológico. Se concluye que el sistema encargado de la enseñanza de la ingeniería no solo se mantenga, sino que se consolide, será necesario que la creación de nuevas carreras esté sintonizada con el nuevo entorno tecnoeconómico y social esperado.

Palabras clave

escenario futuro, carreras de ingeniería, cambio tecnológico.

Fecha de recepción: 8 de septiembre de 2011.

Fecha de aceptación: 4 de octubre de 2011.

* El presente artículo es producto de la investigación que el autor realiza en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, CCADET-UNAM; Coordinación de Vinculación y Gestión Tecnológica.

** Correo Electronico lrv@servidor.unam.mx; roberto.vega@ccadet.unam.mx, Tels. 5622-8602 exts. 1135 y 1185; Fax: 5622-8626

Abstract

The creation of engineering careers has generally responded to the demand for new engineers by the society for the management of different technology platforms throughout the years these have supported productive activities. Taking as a frame of reference engineering careers throughout their history have taught at the Faculty of Engineering of the National Autonomous University of Mexico (FENAUM), in this work a scene appears on which they can be the careers of engineering that possibly will be created in Mexico in the nearby future. The methodology divides of the areas of research and development identify technologically emergent more dynamics and predictable which surely will influence the creation of the new careers of engineering. The analysis shows that intensive technological changes of last three decades have brought remarkable economic and social changes, so that the problem of engineering education has had to adapt to answer also now the dynamics of technological change. We conclude that in order to the system in charge of the engineering education not only is kept, but it is consolidated it will be necessary that the construction of new courses this one attuned to the new technological and social awaited environment.

Key words

Future scene, careers of engineering, technological change.

Resumo

A criação de carreiras de engenharia geralmente tem respondido à demanda de novos engenheiros pela sociedade para o manejo das mais diversas plataformas tecnológicas que ao longo dos anos têm sustentado as atividades produtivas. Tendo como referência as carreiras de engenharia que ao longo da história foram ensinadas na Faculdade de Engenharia da Universidade Nacional Autónoma do México (FIUNAM), este trabalho apresenta um cenário sobre como podem ser as carreiras de engenharia em um futuro próximo no México. A metodologia parte da identificação das áreas de investigação e desenvolvimento tecnológico emergentes mais dinâmicas e previsíveis, as quais seguramente

influenciarão a criação de novas carreiras de engenharia. A análise mostra que as intensas mudanças tecnológicas das três últimas décadas provocaram extraordinárias mudanças econômicas e sociais, fato que o problema do ensino da engenharia teve que adaptar-se para responder também a partir de então à dinâmica da mudanças tecnológica. Conclui-se que, para que o sistema encarregado do ensino da engenharia não somente se mantenha, mas também que se consolide, será necessária a criação de novas carreiras sintonizadas com o novo entorno tecnológico-econômico e social esperado.

Palavras-chave

Ecenário futuro, carreiras de engenharia, mudança tecnológica.

INTRODUCCIÓN

Los ingenieros del México prehispánico (~1400 d. C) eran eminentemente prácticos, se sabe que existieron algunas escuelas en las que el aprendizaje era fundamentalmente empírico. Intuitivamente sabemos que la ingeniería mexicana normalmente ha atendido a las necesidades de la industria; sin embargo, a partir de una breve revisión histórica se puede observar que los factores que en mayor medida han impulsado la educación de la ingeniería en México, han cambiado a través de los años.

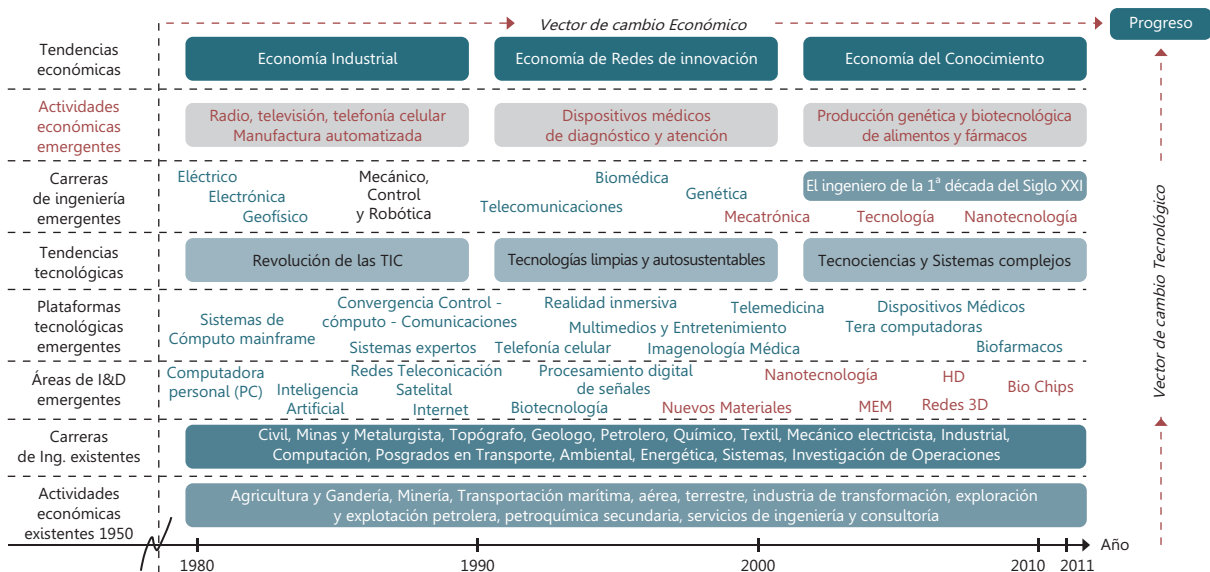
A finales del siglo XVIII se creó el Real Seminario de Minería en el que a principios del siglo XIX se impulsó la creación de las primeras escuelas y carreras de ingeniería formales para generar los profesionales requeridos que pudieran *responder a las necesidades* tecnológicas básicas que eran prioritarias en la sociedad de aquellos tiempos. Durante todo el siglo XIX las carreras de ingeniería que inicialmente sostuvieron a las industrias extractivas y posteriormente a la incipiente industria de la transformación, fueron las de ingeniería civil, ingeniería en minas y la ingeniería química.

Durante la primera mitad del siglo XX (1900-1950), aunque el cambio *tecnológico era aún muy lento*, las industrias extractivas se habían consolidado y el país se sumió en un proceso de plena industrialización. Los siguientes cuarenta años (1950-

1990) se caracterizaron por un *cambio tecnológico más dinámico*, en el que el aspecto impulsor de las carreras de ingeniería fue la *respuesta del subsistema social* de escuelas y universidades a la diseminación de las diferentes plataformas tecnológicas industriales. Durante los últimos treinta años (1990-2011) la situación dio un giro ya que la demanda social dejó de ser la principal impulsora de las carreras de ingeniería y el cambio tecnológico se convirtió en el principal promotor de estas. El sistema de educación en ingeniería empezó a ser reactivo a la tremenda proliferación de modernas tecnologías dentro del nuevo entorno global. Hoy en día todo parece indicar que la situación continuará y se agudizará para los próximos 20 años (2011- 2031).

En la figura 1 observamos que por su estrecha relación con las plataformas tecnológicas utilizadas dentro de los procesos de producción de las organizaciones, las diferentes carreras de ingeniería siempre han acompañado en México a los procesos y tendencias macroeconómicas, las cuales a su vez son las principales promotoras del cambio y del progreso social. Así, partiendo de la economía industrial prevaeciente en la segunda mitad del siglo pasado en la entonces definida como sociedad industrial, hacia finales de siglo la sociedad se transformó en la sociedad de la información, impulsada por la tremenda influencia provocada por la convergencia de los sistemas de cómputo y de comunicaciones que, a su vez, provocaron un nuevo esquema económico de redes de innovación organizacional basado en las entonces nuevas redes de telecomunicaciones. Las carreras de ingeniería que se impartían en la FIUNAM hacia finales del siglo pasado formaban los profesionales requeridos por las empresas y organizaciones en las que se llevaban a cabo las actividades económicas entonces existentes. Revisemos a continuación con más detalle los sucesos de cambio tecnológico más influyentes durante las últimas décadas para tratar de visualizar hacia dónde nos dirigimos.

Figura No. 1. Relación entre los macroprocesos de cambio social y la evolución de las carreras de ingeniería (1980-2011).



LAS CARRERAS DE INGENIERÍA DE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

El cambio tecnológico y la globalización han sido los principales promotores de las carreras de ingeniería que han sido creadas durante las últimas décadas. Parece que el gran detonante de la nueva situación mundial fue la disponibilidad comercial de las redes globales de comunicación satelitales provocada por la convergencia tecnológica de los sistemas de cómputo y de comunicaciones (Saito, 1997). Esto dio origen en 1990 a las tecnologías de Internet que transformaron al mundo y que de acuerdo a McLuhan (1994), lo convirtieron en una aldea global. La globalización cambió radicalmente la forma en la que las economías de diferentes países alrededor del mundo diseñan, producen, distribuyen y consumen bienes y servicios (Widdig & Lohmann, 2007). Aunque en un principio, Landry (1997, 13) hizo notar que para las empresas y las organizaciones no resultaba fácil convertirse en empresas globales, por lo general la globalización trajo beneficios para todos los miembros de la sociedad ya que, según Chareonwongsak (2002), permitió el acceso a servicios de salud, educación, comercio y gobierno de manera oportuna, ágil y transparente, superando las barreras geográficas y burocráticas.

La influencia de los sistemas de cómputo y de comunicaciones trascendió llegando también al ámbito médico. Desde finales del siglo pasado y durante la primera década del presente, se han desarrollado sistemas muy complejos de diagnóstico basados en la obtención y análisis de imágenes médicas tales como los sistemas de resonancia magnética, los tomógrafos de emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés) y los sistemas de gammagrafía, por citar solo algunos ejemplos. Para atender estos campos inicialmente se creó en la FIUNAM un módulo de especialización en *tecnologías biomédicas* para los *ingenieros eléctricos y electrónicos* y en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) se creó la carrera de *ingeniero biomédico*.

A finales del siglo pasado se intensificaron las innovaciones en los sistemas de comunicaciones,

se consolidaron las redes de fibra óptica para distribuir más eficientemente las comunicaciones satelitales dando lugar a los sistemas de telefonía celular y a una nueva versión de Internet. Las tecnologías emergentes para el procesamiento de datos, de imágenes, audio y video impactaron en prácticamente todos los ámbitos de la vida moderna, incluyendo la diversión y el entretenimiento. Un fenómeno global estaba en curso, las TIC estaban influyendo en todos los aspectos de la vida moderna, por lo que fue considerado por los analistas como una nueva revolución tecnológica; la revolución de las tecnologías de información y de comunicaciones.

Los profesionales requeridos para atender estas nuevas industrias deberían también poseer conocimientos concurrentes de áreas del conocimiento tales como la electrónica, el cómputo y las telecomunicaciones. La respuesta que dio la FIUNAM fue la creación de la carrera de *ingeniero en telecomunicaciones*.

La globalización provocada por la tremenda difusión mundial de las TIC transformó a la sociedad industrial en la hoy conocida como sociedad de la información. (Geisler, 1992; Sánchez, 2003).

La influencia de los sistemas de cómputo y de comunicaciones trascendió llegando también al ámbito médico. Desde finales del siglo pasado y durante la primera década del presente, se han desarrollado sistemas muy complejos de diagnóstico basados en la obtención y análisis de imágenes médicas tales como los sistemas de resonancia magnética, los tomógrafos de emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés) y los sistemas de gammagrafía, por citar solo algunos ejemplos. Para atender estos campos inicialmente se creó en la FIUNAM un módulo de especialización en *tecnologías biomédicas* para los *ingenieros eléctricos y electrónicos* y en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) se creó la carrera de *ingeniero biomédico*.

Para principios del presente siglo los poderosos sistemas de cómputo basados en multiprocesadores paralelos tenían la capacidad de procesar información en cantidades del orden de terabytes (1024 gigabytes). En 2008 Cisco Systems estimó el tráfico total de Internet era de aproximadamente 160 TB/s. La aplicación de estas capacidades de manejo de información y procesamiento a los sistemas de multimedia y entretenimiento dio origen a los sistemas de realidad inmersiva y a las películas 3D que requieren mínimo de 100 TB de espacio en disco. Otro campo tecnológico beneficiado por la disponibilidad de redes satelitales de alta velocidad y por los sistemas de alta capacidad de memoria y procesamiento ha sido la telemedicina. Actualmente, se trabaja en las grandes bases de datos estandarizadas para los sistemas de salud pública, así como en sistemas de diagnóstico basados en el análisis y tratamiento de imágenes y se espera que en un futuro muy cercano la telecirugía sea común.

Durante las últimas décadas se han desarrollado trabajos intensos a nivel mundial en *áreas de investigación emergentes* como los nuevos materiales, los microsistemas electromecánicos (MEM), y la nanotecnología.

Otro de los campos que ha mantenido gran crecimiento es el de la biotecnología, especialmente en el campo de los alimentos y los biofármacos. El término biotecnología fue acuñado desde 1919 por el ingeniero Húngaro Karl Ereky, refiriéndose a los métodos y las técnicas que permiten la producción de sustancias a partir de materias primas con la ayuda de organismos vivos. La definición estándar de biotecnología fue propuesta en la Convención sobre Diversidad Biológica en 1992 como "*cualquier aplicación tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos o sus derivados para hacer o modificar productos de uso específico*". (Sasson, 2005).

A principios del presente siglo un requisito indispensable para incrementar la competitividad de las empresas fue la realización del trabajo de diseño y manufactura a mayor velocidad, con mayor calidad y con menores costos. Esta situación provocó el desarrollo de sistemas innovadores para realizar el trabajo en un efecto espiral creciente. Las pe-

queñas empresas y los grupos de ingeniería y de manufactura virtuales empezaron a usar sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD, CAM, por sus siglas en inglés). El efecto fue que para incrementar el valor de los productos había que innovar agregando nuevo conocimiento, por ello, fue necesario aprender. Así las empresas se convirtieron en organizaciones que aprenden y el conocimiento se convirtió en el principal factor de la producción. Dado que el fenómeno se dio a nivel mundial, la economía se transformó en la economía del conocimiento, en la que vivimos actualmente. Para atender las necesidades de las empresas concernientes a la producción automatizada de alimentos y *comodities*, así como la producción robotizada de productos manufacturados en serie, la FIUNAM creó en 2004 la carrera de *ingeniero en mecatrónica*.

El desarrollo de las áreas de investigación emergentes, está sustentado en la interacción y dependencia que existe entre el conocimiento científico y los dispositivos tecnológicos de última generación que son requeridos para realizar investigación. En la parte central derecha de la figura 1 se representa este nuevo campo conocido como *tecnociencias* en el que se reconoce la sinergia y la dependencia mutua entre la investigación y la tecnología, el cual frecuentemente se asocia con el estudio de *sistemas complejos*.

Todo parece indicar que la nueva tecnología que se desarrollará a lo largo de este siglo favorecerá la innovación incesante caracterizada por la aparición de centenares de nuevos productos en el mercado, hasta que tal vez la sociedad llegue a un punto de quiebre en el que sea incapaz de absorber más productos en un fenómeno de aparente saturación; sin embargo, se siguen dando procesos globales de transformación de tal suerte que, como ya se ha dicho, hemos pasado de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, por lo que podemos esperar que en las décadas por venir los nuevos productos que se lancen al mercado con transcendencia mundial partirán de la base de *nuevo conocimiento* científico y tecnológico. Como respuesta a esta situación, el Consejo Universitario aprobó el 9 de marzo de

2007 la creación de la carrera de *ingeniería en tecnología* en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM (Comunidad UNAM, 2007).

El ingeniero en tecnología será un profesionalista con capacidades, habilidades y conocimientos generales por lo que se espera que pueda hacer frente a diferentes plataformas tecnocientíficas, de forma muy similar a la *forma en que el ingeniero mecánico electricista* del siglo pasado atendía diferentes plataformas tecnológicas. Si bien es cierto que esta carrera tiene el propósito fundamental de formar a los profesionistas que serían requeridos para acompañar el nuevo proceso de desarrollo tecnocientífico, con un enfoque multidisciplinario en innovación tecnológica; hay que tener presente que todas las carreras de ingeniería están estrechamente ligadas con el talento, la creatividad, la tecnología y la innovación, de tal manera que es posible que con el paso del tiempo la carrera de ingeniero en tecnología tendrá que dividirse en diferentes especialidades. Por ahora se sabe que las autoridades universitarias están discutiendo la pertinencia de una nueva carrera, que posiblemente será lanzada y esté presente en el mercado a principios de la siguiente década, el *ingeniero en nanotecnología*. La creación de la carrera se está gestando en el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM en Ensenada, Baja California Norte, México.

ÁREAS DE IA&DT EMERGENTES Y LAS NUEVAS CARRERAS DE INGENIERÍA PREVISIBLES

Para hacer un ejercicio de visualización sobre cuál será el futuro de las carreras de ingeniería hacia la mitad del presente siglo, revisaremos ahora cuáles son las áreas de investigación aplicada y desarrollo tecnológico (IA&DT) más dinámicas.

Según el gran futurólogo Joseph F. Coates (2003), los estudios de pronóstico científico y tecnológico deben realizarse considerando periodos de 25 años. Aplicando este periodo de tiempo podremos observar cómo se dará la maduración de los desarrollos emergentes que hoy se encuentran en etapas seminales y anticipar la

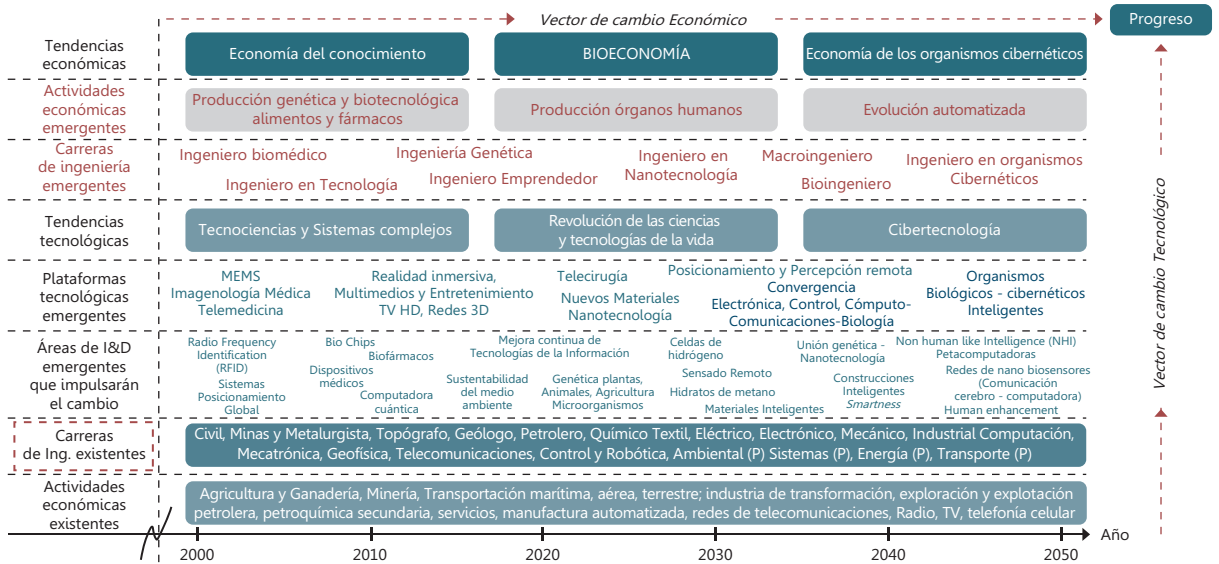
forma en que los mismos madurarán dentro de la siguiente generación. Según Coates, las principales áreas de innovación en ciencia y tecnología que están previstas para este periodo, serán las siguientes: genética, ciencia y tecnología del cerebro, tecnologías de la información, ciencia de los materiales, energía, espacio y ecología y medio ambiente. En la figura 2 se muestra la estimación gráfica de cuáles serán las áreas de investigación y desarrollo emergentes previsible que provocarán el cambio de las plataformas tecnológicas y los nuevos rumbos de la actividad económica global. Para responder a este conjunto de fenómenos habrá que realizar ajustes en las carreras de ingeniería.

Genética

En los últimos 50 años se ha venido entendiendo la forma en la que se organizan las características hereditarias de todos los organismos vivos, existentes en una clase particular de químicos conocida como ácidos desoxinucleicos (DNA); los científicos han descifrado los códigos genéticos y han aprendido a sintetizar el DNA. A partir de este conocimiento se ha desarrollado la tecnología de los códigos genéticos del DNA. El proyecto genoma humano se ha enfocado principalmente en las enfermedades y desórdenes genéticos. En la práctica la consecuencia más obvia que podemos esperar de este conocimiento es la posibilidad de realizar diagnósticos más fáciles y en etapas más tempranas de las enfermedades. Para combatir las enfermedades los tratamientos vendrán en dos formas: terapia genética y farmacológica. La primera tendrá que ver con reemplazar, neutralizar o eliminar los genes defectuosos. Esto representa la etapa embrionaria de una verdadera revolución biomédica.

Según Coates, las principales áreas de innovación en ciencia y tecnología que están previstas para este periodo, serán las siguientes: genética, ciencia y tecnología del cerebro, tecnologías de la información, ciencia de los materiales, energía, espacio y ecología y medio ambiente.

Figura No. 2. Relación entre los macroprocesos de cambio y la evolución de las carreras de ingeniería (2000-2050).



Por otra parte, los nuevos tratamientos farmacológicos permitirán prevenir, eliminar o reducir la intensidad de las enfermedades durante su desarrollo; situación diferente a la común, ya que tradicionalmente las enfermedades se han tratado en sus inicios o cuando ya están avanzadas. La consecuencia de largo plazo más importante que traerá la investigación genética será la mejora de la raza humana (*human enhancement*). Por otra parte, la investigación en genética animal también es muy importante por razones comerciales, científicas y medioambientales, entre otras. También se están realizando mapeos genéticos en el reino vegetal con el objetivo de mejorar la calidad nutricional de la comida y los cultivos comerciales, mejorando su sabor y alargando su vida de anaquel. Finalmente, la introducción de ciertos genes en microorganismos permitirá su uso como fábricas para la producción de químicos caros y exóticos de alta pureza y en la producción de enzimas catalizadoras que también se usan para el tratamiento de enfermedades.

Ciencia y tecnología del cerebro

Los desarrollos científicos recientes han permitido el desarrollo de tecnologías y productos farmacológicos como el Prozac capaces de alterar los procesos físicos y mentales del cerebro permi-

tiendo que el paciente se sienta bien y pueda desempeñarse mejor, la genética, y en particular los desarrollos en biología molecular nos darán control sobre nuestra evolución mental. La investigación genética está llegando a resultados en el sentido de que las habilidades mentales, los desórdenes mentales, la falta de conciencia y las deficiencias tienen origen aparentemente genético. Entre las herramientas para investigar el cerebro se encuentran los detectores de campos electromagnéticos y la imageología. En algún momento los investigadores serán capaces de observar los procesos electroquímicos y el intercambio de información que se da en el cerebro trabajando en tiempo real y en tres dimensiones a través de un mapa completo, funcional, estructural, bioquímico y metabólico del cerebro en tres dimensiones (3D). Las consecuencias de descubrir los enlaces relacionados con las habilidades o los desórdenes mentales estimularán la investigación sobre los mecanismos de intervención para prevenir, curar o mejorar. Los primeros desarrollos de la tecnología cerebral se dirigirán a la cura de enfermedades y desórdenes tales como la depresión, la esquizofrenia, las fobias, las compulsiones, las adicciones y la respuesta al stress destructivo. En el largo plazo se prevé que al usar desarrollos como la fotónica, acústica, electrónica, la electroquímica y

otras formas de intervención, también llevarán al mejoramiento humano.

Tecnologías de la Información

Según Coates (2003, 1.073), las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) probablemente tendrán sus efectos más dramáticos durante los próximos veinticinco años; aunque han tenido cambios continuos durante los últimos años, lo que vendrá en este siglo será aún más dramático. Las TIC, en las que se incluyen telecomunicaciones, computadoras, realidad virtual y los dispositivos y sistemas inteligentes tales como los robots, afectarán aún más la vida de las personas, los negocios, la vida social, las actividades gubernamentales, el comercio internacional y las relaciones internacionales. Las TIC dominarán todos los aspectos de negocios e instituciones debido a que uno de sus objetivos es disminuir el tiempo necesario para hacer que las cosas se muevan y se transaccionen. Con el uso de mensajes electrónicos e imágenes, las TIC también contribuyen a disminuir las distancias, la transformación de las organizaciones, un ejemplo de ello es los sistemas de administración del conocimiento (*knowledge management*) que son nuevas redes de comunicación que permiten que la organización conozca qué es lo que se sabe dentro de la organización y tenga acceso a ello. Las redes de comunicación permiten que se establezcan conexiones entre el conocimiento y la innovación. En 2010 la *Revista Science* publicó como avance científico más significativo del año, el desarrollo de la primera computadora cuántica (Kurzweil, 2010).

A partir de la evolución incesante de los sistemas computacionales, también se espera que en unas cuantas décadas las TIC convergerán con las ciencias de la vida de tal manera que hacia mediados de siglo será común la producción de órganos humanos para trasplantes e inclusive el hombre podrá incidir en la evolución a partir del uso de sistemas de petacomputadoras, dispositivos que serán capaces de realizar unos mil trillones de operaciones de punto flotante por segundo (Martin, 2006, 167). También se plantea

que por su evolución incesante, existe la posibilidad de que estos sistemas puedan alcanzar una inteligencia similar o superior a la humana (NHI, por sus siglas en inglés).

Materiales

La ciencia de los materiales es una de las más dinámicas y complejas que prometen áreas de desarrollo emergentes. Todo nuestro mundo está hecho de materiales. El uso de las TIC impulsará intensamente la investigación en materiales, a través de programas para identificar las moléculas y la estructura molecular de los materiales, así como sus superficies. Esto permitirá un conocimiento más profundo, a nivel molecular y atómico de las interacciones entre materiales y de sus superficies; de esta manera se podrán diseñar cambios para influenciar estas interacciones. Con el apoyo de las computadoras los científicos llegarán a proporcionar cierto grado de inteligencia a los artefactos y dispositivos; es decir, se estima que los dispositivos serán capaces de sensar y responder a tres tipos de situaciones: ¿está operando bien internamente?, ¿realiza sus tareas eficiente y efectivamente?, si la respuesta es negativa, el dispositivo se autorreparará o pedirá ayuda. La inteligencia de los materiales se apoyará en el uso de microsensores, microcomputadoras y actuadores. A diferentes niveles del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica se prevé que la inteligencia en los materiales será universal (US Congress Office of Technology Assessment, 1988). Los materiales más comunes en

nuestra vida diaria, tales como el vidrio, el concreto y la madera están continuamente sujetos a investigación científica para mejorar sus características, hay investigación en biomimética, compuestos y ciencia de las superficies aplicando dispositivos micrométri-

cos electromecánicos (MEM) para mejorar características como la dureza de los materiales, su apariencia y acabado (Qualcomm, 2007).

En el largo plazo se prevé que al usar desarrollos como la fotónica, acústica, electrónica, la electroquímica y otras formas de intervención, también llevarán al mejoramiento humano.

Dispositivos de micro y nanoescala

Los MEM son dispositivos con tamaño de un cabello de sección transversal que pueden ser usados para sensor, responder, activar acciones o actuar por sí mismos. Hoy en día los dispositivos a nanoescala no existen en forma práctica pero es un área de investigación intensiva y dinámica que pretende para lograr que algún día sea posible construirlos a partir de materiales orgánicos; en otras palabras, se piensa en que existe una gran posibilidad de la interacción entre la tecnología genética y la tecnología a nanoescala.

Energía

El calentamiento al medio ambiente y sus efectos determinarán las fuentes de energía futuras. Los pronósticos anticipan que continuará el calentamiento global originado por la acumulación de dióxido de carbono y otros gases industriales en la atmósfera. Cuando parecía que la tecnología más aceptada para la producción de energía sería la nuclear o la tecnología de fisión, el accidente en la isla japonesa de Fukushima ha venido provocando que los diferentes organismos internacionales de control, empiecen a cambiar su parecer debido a las tremendas consecuencias que podría inducir a un desastre en las plantas nucleares, con consecuencias mayores a las de Thee Mile Island o Chernobil. (El Mundo.es, 2011). La segunda tecnología atractiva es la voltaica, que busca la conversión de la energía de la luz del sol en electricidad. Debido a que en la actualidad las eficiencias alcanzadas en los sistemas fotovoltaicos son menores a 10%, esta tecnología no es competitiva. Muchas otras tecnologías tales como la biomasa, la energía del viento, los gradientes térmicos marinos, se encuentran en investigación para la producción de energía; dentro de estas tal vez la más atractiva es la tecnología de celdas de hidrógeno ya que la misma no produce desperdicios indeseables. Las celdas de hidrógeno, que usan hidrógeno como combustible, continuarán bajo estudio durante las siguientes décadas. Más atrás están los hidratos de metano que son complejos químicos débiles formados bajo las condiciones apropiadas de presión en ambientes fríos. Los complejos consisten de una molécula central de metano y un almacén de moléculas de agua que los rodean. El metano

puede ser liberado inyectando calor en el depósito, de tal manera que el mismo fluye como gas natural. El asunto más crítico e importante es que las reservas estimadas de hidratos de metano son varias veces mayores que las reservas mundiales de petróleo y de gas natural juntas.

Espacio

El desarrollo tecnológico espacial tiene dos categorías, la primera tiene que ver con la tierra por sí misma y la segunda con el espacio exterior para explorar y entender la física dinámica del universo.

Las telecomunicaciones dependen de los satélites de órbita estacionaria, cada vez serán más numerosos, más sofisticados y más especializados. Algunas tecnologías relacionadas son el desarrollo de tecnología de posicionamiento global y la tecnología de sensado remoto que toma su forma más obvia de las fotografías que pueden formar imágenes terrestres desde el espacio. Algunas tecnologías menos obvias son otras formas de barrido en otras bandas del espectro que permiten panoramas globales de información especializada tales como la temperatura global. Las tecnologías de sensado remoto enlazadas a la información terrestre beneficiarán enormemente al comercio, la investigación y el gobierno; por empleo, el sensado remoto beneficiará las investigaciones arqueológicas.

Por otra parte, la cosmología ha sido impulsada en las últimas décadas como una nueva manera de explorar el espacio a través del estudio del espectro electromagnético mediante el uso de los grandes telescopios espaciales que nos permiten observar el espacio con imágenes de gran profundidad y claridad. Esto ha llevado a que los científicos sepan que existen más de setenta planetas fuera de nuestro sistema solar, tan grandes como Júpiter o Saturno, los cuales nos se conocían en el pasado debido a la limitación de las tecnologías de observación. Las siguientes etapas de la tecnología de observación galáctica serán muy costosas y estarán dirigidas a investigar que planetas existen del tamaño de la Tierra, Marte y Venus. El reconocimiento de la existencia de otros sistemas solares es un gran triunfo

del conocimiento, ya que ha eliminado la idea de que nuestra especie sea la única con inteligencia en el universo. Continuará la exploración del espacio exterior con robots y dispositivos automáticos. Actualmente, la exploración espacial está centrada en Marte y Venus, pero es posible esperar que en unas tres décadas se amplíe hacia otros planetas de nuestro sistema solar.

Ecología y Medio Ambiente

La ecología seguirá su camino como una ciencia central emergente del medio ambiente global, su fortaleza dependerá de la recolección masiva de datos en operaciones terrestres y en operaciones de sensado remoto. El modelado matemático seguirá siendo una de las herramientas básicas de análisis y el concepto de sostenibilidad normará la conducta de las políticas públicas y privadas a nivel mundial respecto del medio ambiente.

Macroingeniería

Las continuas mejoras a la infraestructura actual, así como el advenimiento de las megaciudades abrirán sin duda el concepto de la *macroingeniería*. El ámbito de trabajo de los macroingenieros será sin duda aquellos proyectos tan grandes que sobrepasarán las fronteras de los países individuales con los efectos naturales de estos. Los canales de Suez y Panamá son ejemplos históricos de proyectos de macroingeniería; algunos ejemplos que se planean para el futuro son la generación de energía a partir del control del gradiente térmico entre las corrientes de agua tibia del Golfo y las corrientes de agua fría de sus alrededores. Algunos más son el suministro de agua para usos en la agricultura del norte de África, conducida desde el sur de Francia y entubada bajo el mar Mediterraneo. Otro campo natural de los megaingenieros será el desarrollo de los trabajos de ingeniería relacionados con las megaciudades; por ejemplo, los problemas de contaminación de los suministros de agua por los drenajes. En el futuro, en las ciudades de más de veinte millones de habitantes la gente deberá vivir cerca de sus trabajos. El concepto de Distritos de negocios, gobierno y administración central tendrá que modificarse o desaparecer, debido a los proble-

mas de transportación terrestre. Esto significará retos enormes para la ingeniería civil en términos de planificación.

Las ciencias de la vida

Según Mc. Kelvey, M. (2008), hacia el 2030 el campo de mayor crecimiento será el de los sistemas biológicos. En el reporte Deloitte sobre el futuro de las ciencias de la vida, Robert Go (2010) indica que en la opinión de un grupo de expertos en el área, después de la recesión financiera de principios de este siglo, los biofármacos, incluyendo los medicamentos genéricos, los dispositivos médicos y las firmas de biotecnología se consolidarán como las líneas de negocios fundamentales de los siguientes veinte años. Las alianzas de Merck/Shering-Plough, Pfizer/Wyeth, y Roche/Genentech, llevadas a cabo en el 2009 son una clara muestra de la consolidación de grandes grupos empresariales que seguirán esta tendencia tecnológica financiera a nivel mundial. Como puede verse en la parte central de la figura 2, hacia el año 2030 el crecimiento sostenido de los productos biológicos de alto valor agregado y de las industrias basadas en estos, así como la disponibilidad y la aplicación comercial de los chips biológicos poco a poco dará lugar a la bioconvergencia, tendencia tecnológica que provocará el cambio hacia un nuevo sistema económico, la bioeconomía; por lo tanto, según se muestra en la figura 2, para la tercera década de este siglo es previsible la creación de la carrera de *bioingeniería*.

El reconocimiento de la existencia de otros sistemas solares es un gran triunfo del conocimiento, ya que ha eliminado la idea de que nuestra especie sea la única con inteligencia en el universo. Continuará la exploración del espacio exterior con robots y dispositivos automáticos. Actualmente, la exploración espacial está centrada en Marte y Venus.

Todo parece indicar que el mundo seguirá su camino hacia la convergencia absoluta, de ma-

nera que hacia mediados de siglo la humanidad podría estar ante la presencia de organismos biológicos-cibernéticos inteligentes comunicados con grandes sistemas de redes de petacomputadoras con inteligencia superior a la humana. Por otra parte, la unión entre la genética y la nanotecnología podrá dar lugar a humanos con características superiores a las actuales en términos de su desempeño, longevidad y salud; es decir, se habrá alcanzado la prevista mejora de la raza humana (*human enhancement*).

Nuestra propuesta es que la cibertecnología será la tendencia tecnológica que dará origen a la era de la economía de los organismos cibernéticos. En consecuencia, la carrera de ingeniería que estimamos deberá crearse para poder dar servicio a la sociedad de esa época, deberá ser la de *ingeniero en organismos cibernéticos* o el *ingeniero cibernético*.

CONCLUSIÓN

En las últimas décadas el trabajo que se ha dado a nivel mundial en nuevas áreas de investigación y desarrollo tecnológico ha sido cada vez más intenso, dando origen a nuevas plataformas tecnológicas y a nuevas tendencias tecnológicas globales. El sistema educativo ha tenido que sintonizarse a las dinámicas de cambio, creando nuevas carreras de ingeniería para formar a los profesionales con

En 2010 celebramos en México los doscientos años de independencia, el centenario de la Revolución y los primeros cien años de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

los conocimientos necesarios para soportar las actividades económicas emergentes. Esta cadena de causas y efectos explica los cambios incesantes que se han dado en la macroeconomía, la cual ha pasado de ser una economía industrial a la actual economía del conocimiento pasando por la de redes de innova-

ción. De esta forma, se explica cómo es que la suma de los efectos de los vectores de cambio económico y de cambio tecnológico ha contribuido permanentemente con el progreso social.

Hoy nos encontramos inmersos en la sociedad del conocimiento en la que se estima que para los siguientes veinticinco años las actividades económicas estarán basadas en los procesos de innovación continua que se darán en las empresas a partir de los resultados de las áreas emergentes de investigación científica dirigidos hacia la investigación aplicada y al desarrollo tecnológico. Indudablemente que los procesos de cambio global seguirán y se incrementarán en forma permanente por lo que las carreras de ingeniería no solo deberán responder a las necesidades sociales, sino que también tendrán que adaptarse a las demandas tecnológicas, las cuales serán cada vez más complejas, en un proceso aparentemente interminable.

En 2010 celebramos en México los doscientos años de independencia, el centenario de la Revolución y los primeros cien años de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Sin duda la ingeniería mexicana ha sido un eje fundamental para el desarrollo industrial del país y el bienestar de la sociedad en su conjunto. En este trabajo hemos tratado de mostrar la forma en que los vectores de los cambios tecnológico y económico han influido en el progreso de la sociedad mexicana y hemos hecho una propuesta de la dirección hacia la sociedad que se dirige, esbozando el nombre de algunas posibles carreras de ingeniería que serán requeridas en las décadas venideras.

Indudablemente, que saber adaptarse a las tendencias tecnológicas, económicas y sociales será un reto formidable para los ingenieros del siglo XXI, quienes ahora mismo forman y formarán parte de la generación de la transición que debe aprender cómo enfrentar la avalancha de cambios que la humanidad ha iniciado y sus consecuencias (Martin, op. cit, p.20).

REFERENCIAS

CHAREONWONGSAK, K. (2002). Globalization and technology: how will they change society? *Technology in Society*, vol. 24 (191-206). Elsevier Science Ltd.

COMUNIDAD UNAM, (2007). La FESC oferta nueva carrera: licenciatura en Tecnología. Disponible en: http://www.cuautitlan.unam.mx/gaceta_comunidad/pdf_comunidad07/com25marzo07.pdf. Consultado de agosto de 2011.

EL MUNDO.es (2011): "Crisis Mundial en Fukushima, Terremoto en Japón". Disponible en el mundo.es (2011). http://www.elmundo.es/especiales/2011/terremoto-japon/terremoto_tsunami.html. Consultado: 07 de septiembre de 2011.

GEISLER, E., (1992), Information and telecommunication Technologies in the 1990's: Trends and managerial challenges, *International Journal of Technology Management*. Vol. 7, Nos 6/7/8; pp.381-389.

GO, R. (2010). *The future of the life science Industries: aftermath of the global recession*. Deloitte Touche Tohmatsu, Swiss.

KURZWEIL (2010). "Latest technology breakthroughs". Disponible en: <http://www.kurzweilai.net/sciences-breakthrough-of-the-year-the-first-quantum-machine>. Consultado 31 de agosto 2011.

LANDRY, J. T. (1997). "Going global: arrive on the ground running". *Harvard Business Review*, March-April, 13.

MARTIN, J. (2006). *The meaning of the 21st Century*. Riverhead Books. Penguin Group. New York.

MC. KELVEY, M. (2008). "OECD International Futures Project on "The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda". *Health Biotechnology: Emerging Business Models and Institutional Drivers*. Multi-Disciplinary Issues International Futures Programme. Sweden.

MC.LUHAN, M. (1994). *Understanding media: The extensions of man*. Harper & Row. New York.

QUALCOMM MEMS TECH (2007). "Revolutionary display technologies inspired by nature". Disponible en: http://www.qualcomm.com/common/documents/brochures/MCL1038_IMOD_Brochure.pdf; consultado 31 agosto 2011.

RICKARDS, T. (2003). The Future of Innovation Research. In *The International Handbook of Innovation* Edited by Larisa V. Shavinina. Elsevier Science Ltd.

SAITO, F. (1997). Managing technology development at NEC Corporation. *International Journal of Technology Management*, vol. 14, Nos. 2/3/4 (196-207).

SÁNCHEZ, D. G. (2003?). "La sociedad del conocimiento y el desarrollo de la infraestructura global de la información". *Aportes Revista de la Facultad de Economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. Año III, No. 9 (83-99). Puebla, México.

SASSON, A. (2005). *Medical Biotechnology, achievements, prospects and perceptions*. United Nations University Press.

US CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (1988). *Advanced Materials by design*. OTA-E-351 Washington D.C. US Government printing Office.

WIDDIG, B., LOHMANN, J. (2007). "Educating engineers for the global workplace". Report of the study "In search of global engineering excellence: educating the next generation of engineers for the global workplace". *American Society for Engineering Education* (AC 2007-854).