



El presente es un documento de trabajo elaborado para el estudio “Estado del Arte y Prospectiva de la Ingeniería en México y el Mundo”, realizado por la Academia de Ingeniería de México con el patrocinio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

La información así como las opiniones y propuestas vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores.

La Academia y los autores agradecerán las sugerencias y comentarios de los lectores para mejorar su contenido y las omisiones en que se haya incurrido en su elaboración.



Prospectiva de la Ingeniería en México y en el Mundo

Autor: Dr. Octavio A. Rascón Chávez, Presidente Academia de Ingeniería

Resumen

En este capítulo se reproducen y comentan las ideas y percepciones que se tienen en:

1. México, a partir de un excelente trabajo realizado por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI), publicado en octubre de 2007, titulado "Ingeniería México 2030. Escenarios de futuro".
2. Estados Unidos de Norte América, en que un grupo de ingenieros civiles y otros líderes, incluidos invitados internacionales, convocados por la American Society of Civil Engineers (ASCE), se reunieron el 21 y 22 de junio de 2006 para articular una visión mundial para el futuro de la Ingeniería Civil, en que se abordaron todos los niveles y facetas de esta profesión; y
3. Angola, Argentina, Brasil, Cabo Verde, Chile, Costa Rica, Cuba, El Salvador, España, Macau, Mozambique, Paraguay, Portugal y Puerto Rico, expresadas el 12 de marzo de 2008 en la "Declaración de Lisboa", en una reunión internacional que se realizó en Lisboa, Portugal, denominada "Primer encuentro de las asociaciones profesionales de ingenieros civiles de los países de lengua portuguesa o castellana".

Si bien las dos últimas reuniones se realizaron para analizar lo correspondiente a la Ingeniería Civil, muchas de las ideas, conclusiones y recomendaciones son aplicables a todas las ingenierías.

I. Prospectiva de la ingeniería en México

1. Objetivo

El trabajo desarrollado por la ANFEI consistió en un ejercicio prospectivo que tuvo como propósito generar una visión de largo plazo (en el horizonte de 2030), sobre el papel que las ingenierías habrán de desempeñar en el desarrollo tecnológico, productivo y competitivo de México, con el fin de que el sistema educativo nacional pueda formular una oferta del proceso enseñanza-aprendizaje que responda con calidad, oportunidad y pertinencia a las necesidades de la sociedad mexicana y de los mercados globales.

2. Enfoque prospectivo

Para lograr el objetivo establecido, la ANFEI se planteó la pregunta: ¿qué ocurrirá con las ingenierías y, en particular, con la formación de ingenieros a 2030?

Para responder a dicha pregunta la ANFEI recabó la opinión de expertos sobre lo deseable y factible de que ocurran determinados cambios en el futuro; el resultado del trabajo se reproduce en este documento. Los resultados servirán de antecedente para elaborar una planeación estratégica viable y pertinente, y generar los contenidos curriculares en las escuelas de ingeniería.

En esta etapa se logró elaborar un documento que da respuesta a la pregunta sobre los escenarios futuros a enfrentar. Con este fin, se llevó a cabo una revisión documental de análisis prospectivos provenientes de fuentes, tanto internacionales como nacionales, internas y externas a la ANFEI, y que contesta a la pregunta: ¿qué se dice sobre el futuro de las ingenierías y cuáles son los indicadores y datos más significativos del presente?

Después se efectuó una consulta (entrevistas) a un selecto grupo de expertos en ingeniería sobre el futuro de la misma, su práctica profesional y los perfiles esperados y deseables de los ingenieros en el siglo XXI, así como sobre las amenazas y oportunidades que los nuevos entornos tecnológicos y productivos plantean a las ingenierías para, posteriormente, compararlos con la visión de las regiones que proporcionó el taller de la ANFEI celebrado en Monterrey, en octubre de 2007.

Finalmente, se sistematizaron los resultados que se reproducen en este trabajo, para establecer una base que sirva para orientar las prácticas de los ingenieros del futuro.

3. Revisión documental

A fin de contar con un marco de referencia actualizado para el ejercicio prospectivo, se revisaron diversos estudios del desarrollo futuro de la ingeniería y de la formación de ingenieros. Se trata de un panorama en los contextos global y nacional sobre factores clave, así como de las previsiones y análisis realizados al respecto en los años recientes.

3.1 Tendencias en el contexto internacional

En el ámbito global se destacan los países que lideran el desarrollo tecnológico y que compiten por mantener una hegemonía bajo modalidades centradas en la producción de conocimiento. En este escenario las ingenierías jugarán el papel estratégico de dar viabilidad a sus economías por la vía de la internacionalización de los procesos productivos, lo cual exige un crecimiento continuo basado en la innovación tecnológica, la expansión y modernización de sus infraestructuras, y en la formación y capacitación de más y mejor fuerza laboral.

La ventana de oportunidad se presenta con las posibilidades de creación de nuevos laboratorios, y cuando los espacios para generar conocimientos se internacionalizan y aprovechan las ventajas comparativas de los países que tienen recursos humanos calificados, con salarios competitivos.

Frente a este panorama, las ingenierías abren la posibilidad de que productos y procesos innovadores, sean diseñados y desarrollados en los países emergentes, siempre y cuando éstos logren tener capacidad instalada y capital humano bien capacitado; también se abren espacios para que las pequeñas y medianas empresas se incorporen al proceso generador de riqueza.

De igual manera, la globalización permitirá introducir nuevos métodos productivos en los mercados internos de países en desarrollo, lo cual podría reducir costos en los países desarrollados y aumentar lo que se ha llamado la competitividad sistémica de todas las regiones del mundo. (McKinsey & Company. The emerging global labor market: Part II- The supply of offshore talent in Services. Junio, 2005).

En esos términos, la globalización exigirá competencias y certificación de la calidad del capital humano, sobre todo de la mano de obra calificada, la cual requerirá, además, nuevas competencias y habilidades referidas a las innovaciones tecnológicas; por consiguiente, será necesario que las ingenierías y el sistema educativo atiendan esta demanda.

Sin embargo, dicha visión positiva de la globalización se enfrenta con el debilitamiento de las economías en desarrollo o emergentes, que tienen inversiones bajas, tanto en avances tecnológicos como en sus metodologías productivas, lo cual conduce a una incapacidad para construir mercados nacionales prósperos, que garanticen empleo y seguridad social.

La característica del mercado global, transfronterizo, deslocalizado y desnacionalizado, puede ser un mecanismo de dependencia que arruine las políticas públicas orientadas hacia el progreso nacional, regional y local, que obligue a los países pobres o de mediano desarrollo, a caminar en el terreno de ser eternos consumidores de tecnologías que provienen de las economías desarrolladas, las cuales, además, no necesariamente son pertinentes para atender sus demandas sociales locales y regionales prioritarias. Ello representa una severa amenaza para la viabilidad de países que tienen grandes rezagos económicos, sociales y culturales.

En este sentido, se vislumbran dos estrategias: una, crear riqueza desde la ciencia básica (es el caso de Corea), apoyados en fuertes inversiones en educación básica y en investigación de frontera. Y otra (el caso de Brasil), que apuesta a la formación de una masa crítica de técnicos e ingenieros altamente capacitados (con posgrado), que apliquen conocimientos y adapten tanto sistemas tecnológicos como las metodologías productivas de los países centrales, y aprovechen las "ventajas comparativas y competitivas" de los países en desarrollo, sobre todo como una manera de adecuar la estrategia global de los países centrales: el traspaso-deslocalización de la industria tradicional a las regiones periféricas.

3.1.1 Desarrollo e innovación tecnológica

El signo de nuestra era es el cambio/mutación y la aceleración del tiempo. Dentro de este paradigma, la innovación tecnológica adquiere dimensiones que comprometen seriamente a las profesiones y especialmente a las ingenierías, ya que éstas son las encargadas de producir modelos y conceptos que se aplican a realidades concretas, en

contextos sociales diversos; es decir, son altamente susceptibles a los cambios/innovaciones de nuestra sociedad.

Vale la pena enumerar algunas características de lo que significa la innovación tecnológica para las prácticas de la ingeniería:

- En el escenario de la globalización, la innovación tecnológica se ancla en las necesidades del mercado y en el ambiente tecnológico mundial, el cual se rige por una racionalidad aplicada a satisfacer necesidades del mercado, por la renovación constante de sus productos y la creciente complejidad de los sistemas tecno-productivos. Así, las ingenierías se expanden y se diversifican y crean un complejo sistema de saberes y aplicaciones que, paradójicamente, desconfiguran y recomponen la profesión del ingeniero.
- Las innovaciones de nuestra era global son primicias dentro de un sistema productivo que se expande bajo los esquemas tradicionales, es decir, en serie/masivos, los cuales se especializan rápidamente e implican el uso de estrategias empresariales-productivas complejas, basadas en el aumento de la competitividad.
- Dichas estrategias traen consigo mutaciones en las organizaciones, tanto en la división social y en las técnicas del trabajo, como en los sistemas de información y comunicación con los consumidores: "la reconversión de la producción, que adopta diversas estrategias que van desde el control de los costos y los procesos de fabricación, hasta la adopción de métodos relacionados con la eficiencia de la empresa, tales como reducción de inventarios y supervisión de la calidad, no sólo en el producto, sino en todo el proceso, la generación de nuevos productos y las entregas rápidas.
- Sean cuales fueran las medidas implantadas para alcanzar niveles de competitividad, las decisiones que se tomen estarán siempre apoyadas en una capacidad creadora y en el uso útil de conocimientos, que no se dirigen a la generación de nuevos procesos de fabricación sino que trascienden a otros ámbitos importantes dentro de la empresa, en la que el recurso humano adquiere relevancia." (Ruiz Larraguivel, Estela. La era posindustrial y la formación de ingenieros. 1998). Los ingenieros tendrán que planear, diseñar y programar modelos y sistemas productivos basados en conocimientos, que además de contener los saberes tradicionales del ingeniero (heurísticos y matemáticos), incorporen las habilidades empresariales y gerenciales desde una perspectiva mercadológica, sea ésta social o comercial.

- La innovación es ahora el indicador más significativo del crecimiento en las organizaciones y las empresas. No se trata ya de que estas últimas establezcan ventajas competitivas, sino de crear organismos flexibles y ágiles que respondan a mercados altamente diferenciados y con mucha movilidad: “en este sentido, el concepto de innovación presenta una connotación muy elástica que abarca cualquier estrategia que pueda conducir a la empresa al logro de un nivel creciente de competitividad, a partir de las condiciones del mercado y el ambiente tecnológico en el que se inserta la empresa” (Dosi, 1988. Citado en Ruiz Larraguivel, Estela. “La era posindustrial y la formación de ingenieros.” 1998). El ingeniero y la ingeniería tendrán que resolver la confrontación entre el problema y la solución, al poner en juego la necesidad del cambio, y proponer el mejor camino entre ambos, desde lo viable y apropiado. (Feature “Engineering a future”. Education review. June 15, 2007).
- Las empresas enfrentan procesos de cambio estructural: del fordismo a fórmulas autopoieticas que erosionan las tradicionales cadenas de mando (jerarquizadas y verticales), y consolidan esquemas colectivos de trabajo (horizontales), en los cuales se toman decisiones colegiadas (no jerárquicas), se transmite información y se permite que los trabajadores asuman compromisos sobre los procesos productivos. Los ingenieros serán requeridos para incorporarse al trabajo colegiado y en equipo, lo cual, tarde o temprano, reconstruirá los estatus y las adscripciones en las organizaciones y otorgará un nuevo significado al papel del ingeniero.
- La información será crucial en el trabajo de los ingenieros, quienes deberán adquirir las habilidades de la alfabetización digital bajo el concepto de aprendizaje continuo.

3.1.2 Nuevos escenarios y perfiles para la ingeniería

En este marco, continúa el documento de ANFEI, en que la globalización acelera el avance de las fuerzas productivas, al desarrollar formas de organización novedosas y productos diversos, diferenciados y complejos, emergen nuevos escenarios y perfiles. Según los expertos, las ingenierías tendrán que actuar en el futuro en cuatro escenarios (National Academy of Engineering. The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century, 2004 y National Science Foundation. Environmental science and engineering for the 21st century, 2000):

1. El de una revolución científica continua y sin límites, en la que los ingenieros explotarán exhaustivamente los conocimientos de la ciencia, éstos beneficiarán a amplias capas de la sociedad y se impulsará, a su vez, el nacimiento de nuevas ciencias.
2. El de la revolución biotecnológica, que requerirá de los ingenieros un uso ético-político de los sistemas que desarrollen y apliquen (particularmente en el empleo de los conocimientos de genética).
3. El de la ecología, la cual señala que los desastres naturales y el desequilibrio ambiental serán determinantes en el futuro, y que las ingenierías deberán tener respuestas eficaces.
4. El de los cambios globales que modifican a las sociedades, tales como las corrientes migratorias y el terrorismo.

3.1.2.1 El nuevo perfil del ingeniero

- En el mundo globalizado, el ingeniero requerirá incorporar a su conocimiento tradicional, nuevas habilidades y competencias para un nuevo ambiente productivo. El desarrollo de las ingenierías ha sido codependiente de los procesos de industrialización y éstos le han demandado, en su evolución, agregar competencias y habilidades: a las técnicas, las científicas, y a ambas, las habilidades gerenciales. De tal manera que la especialización creciente camina hacia lo que se podría llamar un profesional con enfoque holístico.
- La formación holística será una característica novedosa del ingeniero en el futuro y configurará un nuevo perfil: mentalmente flexible, teórica y técnicamente sólido, y con liderazgo para conducir grupos; que pueda relacionar el conocimiento con los problemas de los mercados globalizados desde una perspectiva sustentable.
- Según el reporte brasileño sobre el futuro de la ingeniería (Instituto Euvaldo Lodi. Inova Engenharia. Brasilia, 2006), un ingeniero deberá convivir en comunidades diversas, en las que habrá que resolver problemas cotidianos y específicos, tendrá capacidad para comunicar y trabajar en equipos multidisciplinarios y conciencia de las implicaciones sociales, ecológicas y éticas que los proyectos de ingeniería conllevan (Smerdon, Ernest. An action agenda for engineering curriculum innovation, 2000).

Las habilidades y competencias pueden enlistarse de la siguiente forma:

- Aplicación de conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería
- Capacidad para diseñar y realizar experimentos

- Enfoque sistémico aplicado a necesidades específicas
- Capacidad para diagnosticar, formular y solucionar problemas
- Sentido de responsabilidad social y ética
- Comprensión de los impactos de los proyectos de ingeniería en contextos globales y sociales
- Actitud para aprender a lo largo de toda la carrera profesional
- Capacidad para utilizar técnicas y herramientas modernas de la ingeniería
- Alto nivel de actualización

3.1.3 Nuevos campos para el desarrollo ingenieril

Las ingenierías serán fuertemente requeridas en el futuro. El informe canadiense Task Force: on the future of engineering (2005) propone los siguientes campos de intervención para las ingenierías:

3.1.3.1 Desde el campo de la ciencia y la tecnología:

1. Diseño de máquinas creativas y de fabricación personal. Basado en las expresiones tecnológicas de los ingenieros, no tanto surgidas desde las necesidades, sino de la creación de objetos que permitan construir un mundo nuevo y deseado. La era postdigital contará con máquinas de tercera dimensión y programación de microcontroladores que permitirán construir un nuevo entorno tecnológico. Esto hará que se reduzca el tiempo de la enseñanza y aumente drásticamente la práctica en los laboratorios de investigación, fab labs, sobre la fabricación personal (personal fabrication).
2. Nanotecnología, uso de materiales y biotecnología. Al controlar las escalas nanoestructurales, los materiales se potenciarán, haciéndose más fuertes y resistentes. La nanotecnología incorporará los conocimientos de la biología y aplicará sus diseños, por ejemplo, a materiales sintéticos. La nanobiotecnología requerirá de nanoingenieros y también de ingenieros especializados en lo que se ha llamado biología sintética.
3. Tecnología informacional. Computación ubicua y computación "quantum". Las ingenierías desarrollarán sistemas computacionales proactivos (anticipatorios), mediante la creación de microcomputadoras que obtendrán datos del mundo físico y los transmitirán a través de redes. El corazón de éstas serán los sistemas micro-mecánico-electrónicos. Asimismo, en la frontera de la tecnología informacional, se avizora que las computadoras mutarán a supercomputadoras, diseñadas desde las leyes de la física cuántica, y

serán más rápidas y eficaces que las actuales. El silicón será reemplazado por sustancias líquidas, las cuales sustituirán a la actual caja electrónica.

4. Robótica. Se diseñarán y desarrollarán robots autónomos, que interactuarán en entornos de alta complejidad. Los sistemas microelectromecánicos crearán micromáquinas, micromotores, que operarán dentro del cuerpo humano para introducir sustancias o para realizar micro-cirugías.
5. Tecnología médica. El desarrollo de modelos matemáticos sobre las estructuras-órganos del cuerpo humano hará factible programar dentro de un chip esas funciones, y al colocarlo en un paciente humano le permitirá a la medicina sustituir o reemplazar las funciones de diversos órganos, incluso el cerebro (prótesis neuronales).

3.1.3.2 Desde el campo de la economía y sociedad

1. Mundo plano y globalización de la cadena de valor. Será necesario diseñar formas de organización, infraestructura-estructura-superestructura, que se construyan desde la colaboración entre los individuos (down-up), lo cual no sólo profundiza la globalización de las sociedades, sino "aplana" (horizontaliza) las acciones humanas, empodera a los individuos, y no sólo los acerca. Por otra parte, el mundo globalizado recrea una nueva cadena de valor, regida por la deslocalización de los centros productivos, que ahora se rigen por sus ventajas competitivas. Las reingenierías de las empresas se vuelven estratégicas.
2. Envejecimiento de la población. La pirámide poblacional ha mutado dramáticamente. El mundo estará habitado más por viejos que por jóvenes. Deberá diseñarse una sociedad que atienda nuevas necesidades en los campos de la salud, el trabajo, la educación, la vivienda y la cultura.
3. La renovación de los saberes. La explosión del conocimiento y la información, requerirán de las ingenierías el diseño de estructuras informativas y comunicativas que hagan posible el uso eficiente de la misma, al permitir arribar a una verdadera sociedad del conocimiento, que garantice información confiable para todos.
4. Emergencia de los BRIC (Brasil, Rusia, India y China). El surgimiento de nuevas potencias económicas plantea un rediseño del orden mundial, el cual ahora será policéntrico e implicará que los diseños

tecnoproduktivos eficientes se diversificarán y provendrán de todas partes, aunque la emergencia de los BRIC muestra que ya representan un liderazgo significativo.

5. Seguridad global. El terrorismo. La más seria amenaza para la seguridad del nuevo orden mundial es el terrorismo global, el cual proviene de células desconcentradas que vulneran los sistemas de seguridad; por tanto, se requerirán sistemas de vigilancia e inteligencia para responder a las agresiones que ocurran en todo espacio globalizado.

3.1.3.3 Desde la ecología

1. Depresión de los recursos naturales. Principalmente agua, comida y energía. Se necesitará crear nuevos diseños para conservar e incrementar los recursos naturales del mundo. En el siglo XXI, dos tercios de la población vive ya con escasez de agua; el consumo global aumentará y las reservas de agua disminuirán, es de considerar además, que 75% de ella se consume en la agricultura. Por otra parte, la producción de granos deberá aumentar y se tendrá que revertir la desertificación de las zonas agrícolas e introducir innovaciones tecnológicas que permitan el uso de nuevas fuentes de energía. Los sistemas eléctricos serán más eficientes y se regionalizarán bajo la perspectiva de nuevas y diversas fuentes de energía.
2. Calentamiento global. El aumento en la temperatura de la Tierra provocará efectos inmediatos en la agricultura y en las tierras húmedas, lo cual modificará sus sistemas y técnicas productivas. Las ingenierías necesitarán crear sistemas que detengan/contengan el calentamiento global y generen instrumentos innovadores para enfrentar los síntomas negativos que ya comienzan a vivirse.

3.1.3.4 Desde la perspectiva de las catástrofes

1. Desastres naturales. Las calamidades naturales se han incrementado en los últimos 30 años: de 78 en 1970 a 348 en 2004, y la tendencia indica que seguirán en aumento. Los cataclismos hidrometeorológicos, las erupciones, los terremotos, los desplazamientos de tierras, etc., requerirán de la ingeniería para la prevención y remediación de desastres.
2. Pandemias y enfermedades infecciosas. Las amenazas por enfermedades infecciosas se incrementarán en el futuro. Fundamentalmente aquellas provenientes del intercambio comercial y

social del mundo globalizado, tales como el Sida-VIH, hepatitis C, tuberculosis, influenza y las provocadas por el estaphylococcus aureus. Estas amenazas precisarán de las ingenierías para enfrentarlas, de manera que la tecnología médica desarrolle sistemas de intervención holísticos y complejos, en los cuales las ingenierías seguramente jugarán también un papel importante.

3.2 El anclaje nacional en el contexto latinoamericano

3.2.1 La necesidad de construir un camino hacia la productividad y la competitividad

En 1993 la Academia Mexicana de Ingeniería elaboró un documento denominado Estado del arte de la ingeniería en México y en el mundo (Academia Mexicana de Ingeniería- CONACYT); en el 2000, la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI) elaboró un Proyecto de Planeación Prospectiva y Estratégica sobre el rol de las ingenierías en México, seguido de un estudio sobre La formación de ingenieros para el siglo XXI (2002), un reporte de planeación: Reporte de la Vocalía de Planeación Prospectiva y Estratégica (2006), y un documento para discusión, de la Vocalía de Planeación Prospectiva y Estratégica (2007): Potencialización de competitividad en México y la participación de las IES de la ANFEI, los cuales permiten configurar una metodología de planeación institucional que posibilita incidir en el futuro de las ingenierías.

En este marco, se propone como tema principal y estratégico, la competitividad global. Se considera que la competitividad es un tema crucial para la viabilidad de la sociedad mexicana, si ésta aspira a ocupar un lugar de liderazgo en el mundo globalizado. De acuerdo con la OCDE, la competitividad es la capacidad para producir bienes y servicios que cumplen y superan las normas de los mercados internacionales y que permite a los países productores incrementar los ingresos reales de sus habitantes (The World Competitiveness Report, 1994).

Este tema, tanto para la ANFEI como para las Instituciones de Educación Superior (IES) asociadas, es no sólo relevante y pertinente, sino estratégico: ¿cómo puede el sistema científico y tecnológico producir y formar ingenieros, y recursos tecno-productivos que conviertan al país en competitivo en el ámbito de una potencia mundial? Se cree que la ANFEI y las IES que la integran pueden incidir en tres aspectos (ejes) de la competitividad: el capital humano, la tecnología y la infraestructura (ver Anexo 1: temas relevantes).

Estos ejes han sido considerados como prioritarios en diversos estudios, tales como el elaborado por el CONACYT y la Asociación de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT): Prospectiva Tecnológica Industrial de México 2002-2015 (ADIAT, 2004), los cuales señalan que la competitividad será el aspecto clave para desarrollar las ingenierías y a los ingenieros en México. Incluso el reporte muestra que la pérdida de competitividad está relacionada con el descenso de la construcción de 1970 al 2000 y a la disminución drástica de la capacidad del sector ingeniería; asimismo, otros autores nos indican que el descenso en la competitividad se refiere no sólo a la falta de inversión sino a la formación de talentos, de ingenieros certificados por su calidad y capacidad innovadora, así como por una pérdida de sentido en las políticas de desarrollo del país (J. Jiménez Espriú, 2007).

Palacios Blanco (2006) señala, además, que los factores que ofrecen ventaja competitiva son ahora la tecnología, el capital humano y la información, factores que nos remiten, siguiendo a Keniche Omaha, al desarrollo de cuatro aspectos:

- a) educación alineada a las cadenas productivas
- b) desarrollo de sectores productivos
- c) cultura emprendedora, y
- d) eficiencia y eficacia gubernamental

En los siguientes apartados se verán algunos indicadores relacionados directamente con la competitividad, referidos a América Latina y a México, que nos muestran las debilidades y las fortalezas de sus ingenierías.

3.2.2 La incidencia en la competitividad

La competitividad de un país tiene relación con su participación en los mercados mundiales y está vinculada con la productividad y las condiciones para el crecimiento sostenido.

El Índice de Competitividad del Crecimiento evalúa la capacidad económica de 117 naciones para lograr un progreso económico sostenido en el mediano plazo, considera su nivel de desarrollo actual. El índice está compuesto por tres categorías de variables importantes para el crecimiento económico a mediano y largo plazo: la tecnología, las instituciones públicas y el entorno macroeconómico. Para ello, se toma en cuenta el crecimiento real del Producto Interno Bruto (PIB), los

riesgos país, las telecomunicaciones, las exportaciones totales y el gasto en desarrollo e investigación, entre otros rubros.

El Índice de Competitividad del Crecimiento del Foro Económico Mundial (FEM) correspondiente a 2005, ubica a México en el lugar número 55 (ha descendido en esta clasificación, pues en 2002 ocupaba el lugar número 47), por debajo de países como Chile (lugar 23) y España (29). En los primeros tres lugares están Finlandia, Estados Unidos y Suecia.

Para analizar los procesos de crecimiento en un sentido más amplio, el FEM diseñó un nuevo indicador: el Global Competitiveness Index (2006), el cual se mide sólo entre 60 países, incorpora nueve criterios y una nueva estructura de ponderaciones.

Competitividad según Índice (posición de países seleccionados)
Competitividad mundial

País	Competitividad del crecimiento	Competitividad mundial
México	55	56
Estados Unidos de América	2	1
Finlandia	1	6
Hong Kong	28	2
Chile	23	19
España	29	38
China	49	31
Argentina	65	58
Brasil	72	51

Fuente: Global Competitiveness Report 2005-2006, FEM, y IMD World Competitiveness Yearbook 2005.

Asimismo, la competitividad está asociada a la conectividad. Es uno de los índices que constituyen los indicadores aceptados internacionalmente (los otros dos son la legitimidad y la estabilidad económica). Al parecer, un ascenso en la competitividad está ligado a un aumento en la conectividad, que es un indicador complejo, pues se constituye por la infraestructura disponible, el desempeño con respecto a esta infraestructura y por las habilidades-competencias para operarla. La

conectividad es también un factor de equidad. El contraste para la competitividad podría ser la inequidad que, igualmente, se vería reflejada en una pobre o rica conectividad.

En este contexto, los resultados para México indican una posición competitiva relativamente baja, con respecto a países competidores como Chile y Brasil. La posición competitiva es un reflejo de la productividad y una expresión indirecta del rezago en desarrollo tecnológico y en educación. Si bien es precisa la combinación de múltiples factores, resulta necesario contar con acceso y aplicación a tecnologías de punta. Será, entonces, indispensable comparar y cotejar estos datos sobre la competitividad mexicana con los indicadores respecto a la formación de ingenieros en México.

La significativa información que se obtuvo, muestra la magnitud de la diversidad de enfoques y la convergencia de puntos de vista sobre el objeto a explorar. Permite, además, contar con un ramillete de opiniones diversas y plurales sobre temas controvertidos o polémicos. El resultado contiene o resume un conjunto de percepciones-opiniones con respecto al pasado (retrospectiva) y al futuro (prospectiva) de la ingeniería en México y el mundo. Asimismo, estas entrevistas arrojaron datos y explicaciones sobre cuatro aspectos esenciales, previamente acordados, que dinamizan las prácticas de las ingenierías, como son: el perfil del ingeniero, las políticas públicas, el desarrollo de la tecnología y el de la infraestructura pública y privada.

Las opiniones aquí vertidas no representan un análisis formal, sino un ejercicio de reflexión colectiva, de índole cualitativa y significativa (no representativa), que nos muestra cómo un conjunto de líderes interpretan la situación actual de la ingeniería mexicana y la proyectan desde su deseo hacia el futuro.

Lo valioso es lo que dicen desde su expertise (experiencia profesional) y lo que sienten como debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas respecto a la ingeniería. Condensando convergencias, a continuación se presentan las opiniones recabadas en la consulta:

3.3 Resultados: Escenarios

3.3.1 Escenario retrospectivo: el origen de la tendencia

Existe unanimidad en la visión de los expertos: las ingenierías han experimentado fuertes cambios en su práctica profesional, la cual, ahora, se ha vuelto altamente diferenciada y compleja.

Estos cambios los ubican en el portentoso desarrollo de las ciencias en general, y de la física y la biología en particular, así como en el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC); que han construido una nueva economía basada en el intercambio de datos, llamada "sociedad del conocimiento".

Estas fuerzas innovadoras han impactado todo el quehacer humano, pero en el campo de las ingenierías las ha transformado profundamente, incluso han desvanecido su identidad tradicional (constructora), para reconvertirla en una identidad polimorfa, centrada en un saber interdisciplinario, principalmente físico-químico-matemático, que integra otras disciplinas provenientes del comportamiento humano y que les otorgan un nuevo perfil: un mediador entre la ciencias y los sistemas tecno-productivos.

Sin embargo, a pesar de esta mega tendencia, el proyecto modernizador ha provocado en las economías en desarrollo un serio problema de ajuste y renovación. En este sentido, los especialistas entrevistados nos muestran los efectos negativos y positivos de dicha mudanza histórica:

3.3.2 La pauta globalizadora desmantela las empresas de ingeniería nacionales.

La liberalización del mercado a nivel mundial (que comienza al inicio de los años sesenta), resultó ser una estrategia de los países desarrollados para colocar sus excedentes en mercados más vastos y en todo el orbe; estrategia basada en su avance tecnológico que les permitía obtener costos bajos y productos de calidad. Los efectos de esta pauta se pueden resumir en tres aspectos:

Primero: se ha formado una conciencia global para crear infraestructura pública sin recursos financieros suficientes. En la década de los ochenta, se dio un cambio en todo el mundo hacia nuevas modalidades de financiamiento, compartidas con la iniciativa privada. Ahora, ésta asume los riesgos junto con el Estado.

Segundo: el esquema de la globalización hace crecer la demanda de infraestructura pública nueva, en los países emergentes y genera una demanda, 50% del total mundial, que es aprovechada por firmas y empresas e ingenierías internacionales (europeas, norteamericanas, japonesas y australianas).

Tercero: la ingeniería organizada y los constructores pasan de la producción de infraestructura basada en "inventario de proyectos", a la operación de infraestructura.

En México, ello se empieza a manifestar a partir de los años sesenta y se intensifica en las décadas de los ochenta, noventa y continúa hasta nuestros días. Antes de este periodo, las obras de ingeniería eran tareas del Estado, el cual asignaba a empresas privadas tal o cual construcción; todo giraba en torno a las decisiones del gobierno. La iniciativa privada, fundamentalmente empresas mexicanas, ejecutaban, pero no tenían injerencia en las decisiones sobre la pertinencia de los trabajos. Para 1994, con el colapso económico, la inversión pública en infraestructura decreció de 4 al 2% del PIB.

Actualmente, el gobierno invierte 2% del PIB y la iniciativa privada 1.5%, sin embargo, México requiere inversiones de 6%. Para 2000, la ingeniería mexicana estaba prácticamente desmantelada. El 80% de la infraestructura pública contratada, la realizaban empresas extranjeras. El cambio en la manera de financiar los proyectos excluyó a las ingenierías mexicanas.

A partir del ingreso de México al GATT (1985) comenzó un desmantelamiento de la industria mexicana de electrónica y de comunicaciones, que se prolongó hasta los años noventa. Sólo sobrevivieron las empresas que desarrollaron tecnologías propias o que mantuvieron "bancos tecnológicos" con los que pudieron ofertar nuevos productos. Durante los últimos 30 años se perdió gran parte de la capacidad instalada. Las grandes firmas fueron desplazadas y sustituidas por compañías extranjeras que realizaron grandes obras, e incluso las financiaron. Aunque la cantidad y la calidad de los ingenieros fue igual, no existió una estructura de mayor nivel para afrontar los retos de las grandes obras. Esto provocó una gran dispersión de los ingenieros y un debilitamiento del poder negociador del gremio. La ingeniería mexicana se desarticuló.

La crisis de la ingeniería mexicana se debe en parte a políticas fallidas, y no a la formación de ingenieros, quienes siguen siendo muy competentes. La crisis está focalizada en el aspecto financiero. Tiene que ver con los esquemas de licitación para los concursos de obras públicas que no favorecen a los grupos o empresas de ingeniería mexicanas. El volumen de producción nacional disminuyó y muchas industrias y empresas desaparecieron al contraerse el mercado. Los estudiantes más brillantes emigraron a otras carreras mejor pagadas.

El panorama en los últimos 30 años ha experimentado un cambio fundamental en las políticas de empleo del país: se esfumaron las grandes empresas mexicanas en la ingeniería y con ello los grandes proyectos y los recursos para el desarrollo tecnológico; “somos exageradamente dependientes”. El 0.4% del PIB en gasto en ciencia y tecnología es insuficiente.

Además, la globalización exporta, deslocaliza, los centros de diseño y producción y los focaliza en los lugares en los que existen “mentes de obra” (a diferencia de mano de obra) más baratas.

3.3.3 El uso de las tecnologías de la información (TIC) innova las prácticas de la ingeniería

Cambios fuertes y radicales; “brutales”, en todas las áreas de la ingeniería. Fundamentalmente este cambio tiene que ver con la llegada de las TIC y su manejo con fines productivos, que ahora permiten un acceso a la información, lo cual modifica, entre otras cosas, la normativa de la ingeniería. En México, el Tratado de Libre Comercio transforma el paradigma productivo y las grandes obras de la ingeniería se concursan internacionalmente, lo que provoca una crisis en las prácticas de la ingeniería nacional. La investigación que se realiza, está asociada ahora con las grandes empresas extranjeras que concentran información deslocalizada y desterritorializada.

El gran cambio lo ha generado la tecnología computacional, que impactó a las ingenierías de una manera radical, al desarrollar sistemas de diseño, automatización y velocidades mayores en los procesos productivos, y al utilizar el recurso de la simulación para corregir e innovar de manera rápida y eficiente.

El desarrollo de la tecnología ha sido impresionante en los últimos 30 años. Las ingenierías, al ser las traductoras de los conocimientos científicos, se han convertido en un instrumento de innovación y cambio, sobre todo en los campos de astronomía, biología y medicina. Sin embargo, México no desarrolló un esquema de formación de recursos humanos que permitiera aprovechar los avances de la ciencia. Existe un rezago muy significativo. La producción de patentes es paupérrima y no se tiene una verdadera política de ciencia y tecnología.

3.3.4 La velocidad de las innovaciones tecnológicas, su proliferación y la obsolescencia de los saberes

Se observa un adelanto vertiginoso de las tecnologías que impactan a las ingenierías y son, precisamente, las que las diseñan, elaboran y aplican. Han surgido campos nuevos que agregan valor a los productos: la mecatrónica, la robótica, la telemática, los nuevos materiales, la biotecnología, la nanotecnología, etcétera. Todos ellos se instalan en una economía del conocimiento.

La ciencia y la tecnología avanzan vertiginosamente, amplían los campos del conocimiento y sus aplicaciones. Esto desarrolla las ingenierías del mundo, las que diversifican y renuevan sus saberes a una gran velocidad.

En este sentido, México prácticamente no invierte en ciencia y tecnología. Se rezaga en las áreas tradicionalmente consideradas fuertes: mecánica de suelos, ingeniería sísmica, aeronáutica, telecomunicaciones, farmacéutica, nuevos materiales y desarrollo de la agricultura. México pierde competitividad y se atrasa con respecto a los países desarrollados. La inversión en ciencia y tecnología se estanca en un magro 0.3 o 0.4% del PIB. Se descuidan áreas distintas, como la investigación marítima. Surgen nuevas escuelas pero sigue habiendo una decadencia paulatina o se relegan áreas tradicionales como la minería o la agricultura.

Pese al impresionante desarrollo de la tecnología en las últimas tres décadas, las ingenierías, al ser las traductoras de los conocimientos científicos, se han convertido en un instrumento de innovación y cambio, sobre todo en los campos de la astronomía, biología y medicina. Pero México está disperso en su reacción a este cambio y con una respuesta desigual y desordenada.

Hoy, existen saberes y carreras de la ingeniería que hace treinta años no se conocían; es el caso de los nuevos materiales y de la nanotecnología. También se han conjuntado carreras, como la robótica, en la que se mezcla la ingeniería eléctrica con la mecánica. En México hay talento, recursos humanos, para crear tecnologías; pero no ha habido estímulos, sobre todo económicos. El gobierno siempre ha tenido una visión de corto plazo y no ha invertido en ciencia y tecnología. A pesar de ello, somos líderes en algunos campos, por ejemplo en estudios sobre el genoma o en el diseño y construcción de presas.

En el caso mexicano, la amenaza que puede representar el que dejemos de ser productores de tecnología, convierte a la ingeniería mexicana en mano de obra calificada a precios competitivos. Se deberá aprovechar esta ventaja competitiva.

Por otra parte, la transformación de los materiales ha dado un vuelco a todas las prácticas de la ingeniería: mayor calidad, diversidad y resistencia de los mismos, e innovación en todos los campos. Los cambios y las innovaciones tecnológicas, han hecho que la tasa de obsolescencia de los saberes de la ingeniería se modifique rápidamente, a razón de al menos cinco años, y en ocasiones con mayor velocidad.

Al estar estrechamente ligadas las ingenierías con la actividad económica, éstas cambian según dicha actividad. En México, ello se expresó por el surgimiento de nuevas áreas: la computación, la nanotecnología y la biotecnología, entre otras, que diversificaron la oferta educativa y cambiaron el mundo laboral. Los ingenieros se transformaron de acuerdo con las nuevas demandas de la economía. En este sentido, la velocidad de reacción de las escuelas de ingeniería fue, por lo general, muy lenta frente a las demandas de la nueva economía. Se produjeron menos ingenieros y las ingenierías tradicionales perdieron espacios. Asimismo, las ingenierías se han vuelto más “terminales” y menos de saberes básicos.

3.4 Escenario prospectivo: el tablero de juego del futuro

La visión de futuro que los expertos externaron durante las entrevistas, se configura en torno a las tendencias del modelo productivo, el cual seguirá intensamente ligado al desarrollo técnico científico y a las improntas del mercado: novedad y ventajas comparativas y competitivas. Las ingenierías tendrán que trabajar en el campo de la innovación y la competitividad. Los productos crecerán más por dentro y las ventajas competitivas se regirán por la velocidad en incorporar estas mejoras al producto. Los campos del futuro están en la nanotecnología, la biónica y los nuevos materiales. La velocidad y el cambio serán los motores de la economía del futuro, sin embargo, los nuevos productos seguirán requiriendo de infraestructura básica. Estas son las opiniones de los expertos:

La dinámica de mercado de la ingeniería global

Al reducirse los márgenes de utilidad, la industria de la construcción tenderá a escalarse. Se formarán grandes grupos constructores y grandes empresas diseñadoras concretarán alianzas coyunturales con empresas nacionales, mismas que seguirán atendiendo solamente una demanda local o regional, pero dependerán de las tecnologías de las grandes constructoras o de las boutiques de diseño. La impronta de la competitividad exigirá desviación cero en costo y calidad en los

proyectos de ingeniería, los cuales deberán integrar construcción y diseño.

Las ingenierías serán cada vez más caras en los países desarrollados. Éstas se desplazarán a los espacios periféricos. Los países líderes conservarán ciertos nichos estratégicos de las ingenierías para mantener su hegemonía y no dejarán espacio para otros desarrollos.

En el futuro se acentuará la división del trabajo. Las grandes empresas se van a reconfigurar en forma de consorcios y pequeñas empresas, y van a recurrir al "outsourcing". La preocupación por el ambiente aumentará. La escasez del agua será un problema mundial grave. Habrá cambios en las fuentes de energía, sobre todo la nuclear. Habrá plantas de generadoras más pequeñas y se desarrollarán las fuentes de energía eólica. Las ciudades grandes crecerán más en número que en tamaño, y la población emigrará principalmente a las costas razonablemente seguras (aquí se considera el cambio climático).

Dada la tendencia, el país se convertirá, en un proveedor de servicios; no obstante, podría nivelarse si se tomara en cuenta el desarrollo de la agricultura y la manufactura, las cuales podrían disminuir no sólo las importaciones, sino los desequilibrios entre los sectores productivos. Para ello, los recursos humanos altamente capacitados (con conocimientos sólidos en las ciencias básicas) serán necesarios y estratégicos para construir una sociedad viable y fuerte, con un mercado interno sólido.

Los grandes cambios para el futuro

La industria aeronáutica se desarrollará al mismo ritmo que la satelital. Se avanzará en las telecomunicaciones y en la electrónica. Será necesario crear más infraestructura pública, puertos, carreteras, presas, plantas potabilizadoras, aeropuertos, etcétera, y se deberá renovar y actualizar la existente. La ingeniería civil seguirá siendo imprescindible y requerirá de recursos humanos competitivos, ubicados en la sociedad del conocimiento. Sin embargo, el peso de los aspectos financieros y de política pública será aún más importante que hoy.

Las TIC se convertirían en un punto de inflexión: abrirán oportunidades y presentarán amenazas, sobre todo en la internacionalización de especialistas y en la producción de conocimiento.

El futuro presenta una coyuntura que algunos consideran favorable para México: la internacionalización de especialistas y el manejo de la

información. La posibilidad de difundir capacidades a otras naciones a través del intercambio y migración de profesionistas. El mundo del futuro tendrá una estructuración compleja, altamente diferenciada, que requerirá complementariedad y una alta especialización. México tendrá que aprovechar esta oportunidad.

La electrónica y los nuevos materiales revolucionarán las prácticas de la ingeniería. La industria eléctrica se fusionará con la de telecomunicaciones. Las grandes centrales desaparecerán y serán sustituidas por aplicaciones del hidrógeno y por una generación distribuida que revolucionará el manejo de los sistemas eléctricos. La evolución de las ingenierías acompañará el surgimiento de modelos sustentables: el uso de energías no contaminantes como el desarrollo de la energía nuclear, por ejemplo. Se desarrollarán nuevas prácticas de la ingeniería en biomedicina, materiales, electrónica y telecomunicaciones. La ingeniería civil y la mecánica no desaparecerán.

Habrà una revolución de los materiales: la nanoingeniería hará que los productos "crezcan por dentro" sin que se extiendan hacia fuera. La biología influirá fuertemente en las ingenierías, así como éstas en la primera. Los instrumentos de la ingeniería tendrán no sólo partes orgánicas, sino que éstas influirán en su diseño. La crisis ecológica condicionará el desarrollo de los proyectos productivos y, por tanto, la práctica de las ingenierías, que estará sometida a las presiones de las demandas sociales y del mercado.

Seguirán los cambios, sobre todo a partir de los avances en la nanotecnología, la cual cambiará la forma en que se fabrican los productos, puesto que disminuirán el número y/o el tamaño de los dispositivos y aumentarán sus capacidades. Habrá además convergencias tecnológicas que potenciarán el uso de la información.

Ante estas perspectivas: ¿Cómo se visualizan las ingenierías desde los ejes de la competitividad: capital humano, desarrollo tecnológico, infraestructura y políticas públicas?

3.4.1 Eje 1. Capital humano: hacia el ingeniero del siglo XXI

El perfil del ingeniero

1. El perfil del ingeniero seguirá conservando una fuerte formación en los saberes básicos: física, química y matemáticas. En esas ciencias, señalan los expertos consultados, radica la identidad del ingeniero: es un "mediador entre la ciencia y las estructuras productivas".

2. Los ingenieros del futuro deberán incorporar, además de una fuerte formación científico-técnica, nuevas habilidades, valores, actitudes y competencias, como las siguientes:
 - a) Manejo de información, con gran percepción sobre el entorno económico-productivo.
 - b) Dominio del Español y de otros idiomas (fundamentalmente el Inglés).
 - c) Capacidad para trabajar en grupos heterogéneos, multidisciplinarios y en culturas diferentes.
 - d) Dominio de las TIC.
 - e) Pensamiento crítico y asertivo.
 - f) Ética profesional y vocación de servicio.
 - g) Mentalidad prospectiva, anticipatoria e innovadora.
 - h) Capacidad para adaptarse a diferentes ambientes laborales.

A este conjunto de atributos, uno de los expertos entrevistados lo definió como un “técnico con sólidas competencias diferenciadas”.

3. De manera particular se enfatiza la necesidad de formar “un ingeniero global”: con capacidad para adaptarse a diferentes entornos socioculturales; con un pensamiento comprensivo e inteligente, orientado más al diseño y a la operación, que a la construcción.

Las prácticas y los campos profesionales de las ingenierías:

1. Las prácticas profesionales tradicionales e innovadoras de las ingenierías convivirán sin que las primeras desaparezcan. Las carreras tradicionales seguirán siendo necesarias, se incorporarán nuevas y se hibridarán algunas (por ejemplo: la mecatrónica o la biónica). Las nuevas prácticas de la ingeniería se situarán en la convergencia de las matemáticas, la física, la biología y la química. Asimismo, se tendrán que seguir formando ingenieros para la industria manufacturera y para el desarrollo de infraestructura pública o privada del país.
2. Un señalamiento particular apunta hacia la reestructuración de la oferta educativa de las escuelas de ingeniería del país, la cual propone reducirla y focalizarla, dado que está muy dispersa: 116 especialidades que de hecho pulverizan la identidad del ingeniero. Paradójicamente 90% de la matrícula se concentra en 10 especialidades. Habrá que replantear las áreas de conocimiento y regionalizar la oferta y disminuir la diversificación. Los países industrializados tienen entre ocho y catorce especialidades.

3. Los campos profesionales gravitarán en torno a las ingenierías básicas (civil, mecánica, eléctrica) e incorporarán nuevas modalidades y prácticas profesionales: ingeniería genética, teleinformática, ingeniería de materiales, nanotecnología, aeronáutica. Se continuará requiriendo ingenieros para resolver los rezagos en agricultura, energía, comunicaciones, teleinformática y se tendrá que responder a los nuevos campos, tales como la biónica, la mecatrónica y la telemática.
4. Para México, como país, se señalaron cinco campos estratégicos ("drivers", como los denomina el entrevistado): energía, infraestructura, agroalimentos, turismo y logística-conocimiento. Se requerirán ingenieros para el manejo de la energía, la petroquímica, las comunicaciones, el agua y los servicios. Se señala la emergencia de nuevas prácticas, como la nanotecnología, la seguridad alimentaria, la sustentabilidad del medio ambiente y las nuevas fuentes de energía.

El perfil de las escuelas de ingeniería

1. Las escuelas de ingeniería deberán ser instituciones de alta calidad académica, con un elevado grado de vinculación con los sectores productivos, además de un profesorado profesionalizado y orientado a resultados (al aprendizaje de contenidos pertinentes).
2. Una escuela de ingenieros flexible, abierta y con una fuerte y actualizada infraestructura en las TIC que responda eficientemente tanto a las necesidades sociales como a las del mercado.
3. En este sentido, la señal fundamental para construir/diseñar la currícula proviene de las necesidades de la producción y del comportamiento del mercado. Sin embargo, otros especialistas señalaron que en un país como México, es indispensable que las escuelas de ingeniería, apoyadas por el Estado y el gobierno, desarrollen también programas de vinculación con la sociedad, que les permitan solventar carencias básicas de transporte, agua, vivienda, electricidad, etcétera, que en ocasiones el mercado no demanda.

Lo anterior se puede representar en la siguiente gráfica:



3.4.2 Eje 2. Desarrollo tecnológico

1. El desarrollo tecnológico requiere fuertes inversiones, así como políticas coherentes y definidas a corto, mediano y largo plazo. En este sentido, México necesitará considerables inversiones en ciencia y tecnología para alcanzar su desarrollo, lo cual implicará inversiones por arriba de 1% del PIB. Actualmente, el gobierno sólo destina 0.4% del PIB, con una débil presencia de la iniciativa privada, cuando en países más avanzados se invierte de 3 a 5% del PIB.
2. El financiamiento del desarrollo tecnológico debe compartirse entre dos actores: el gobierno y los empresarios. Algunas propuestas señalan que la iniciativa privada debería absorber 2/3 del gasto en ciencia y tecnología, y el gobierno 1/3. Lo deseable sería que la inversión fuera 1/3 pública y 2/3 privada, sin que eso represente un desplazamiento del papel rector del Estado y el gobierno, en cuanto a definir políticas de ciencia y tecnología.
3. Otras voces, sin embargo, señalan que hay que desterrar el mito de que si no participa la iniciativa privada, los proyectos no funcionan. La obra pública puede sustentarse fundamentalmente en el gasto del gobierno, sobre todo para desarrollar infraestructura básica (puertos, carreteras, ferrocarriles, etcétera).
4. Será indispensable crear una plataforma que vincule a todos los actores involucrados (gobierno, empresas, escuelas, centros de investigación) para lograr una eficiente relación entre los centros de

investigación y los centros de producción. Un esfuerzo holístico que sea impulsado por el gobierno y activado por la iniciativa privada, anclado en el desarrollo de tecnologías en la ristra comunicación-energía-agua-servicios. Para ello, será necesario vencer las desconfianzas de todos los actores.

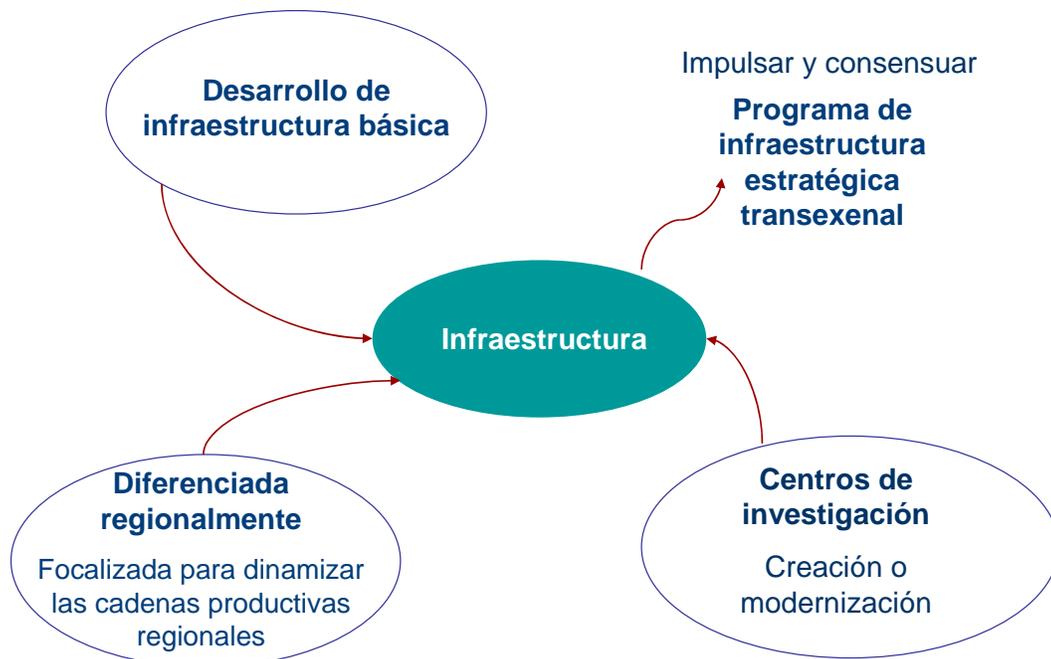
5. El desarrollo tecnológico se entiende como la capacidad de innovar los procesos y los productos, con mejoras continuas (modelos tecnológicos vanguardistas) y ésta es la impronta de los mercados actuales. Será necesario, dicen los expertos, que las escuelas, los centros de investigación y los de producción se vuelvan espacios expansivos, multiplicadores de conocimiento.
6. Los especialistas coinciden en que el desarrollo tecnológico precisa enfocarse a nichos de mercado y a ellos dotarlos de infraestructura y capital. México tendrá que especializarse en algo y vencer su dispersión. Se deben impulsar todas las áreas de las ingenierías para contar con una plataforma básica, sin embargo, los nichos de oportunidad parecen ser la infraestructura, la energía, el agua y la petroquímica.
7. Será imprescindible desarrollar la ciencia y la tecnología basadas en una conectividad total y en el uso intensivo de las TIC.

Todo ello puede claramente sintetizarse en la siguiente gráfica:



3.4.3 Eje 3. Infraestructura

1. Sobre este eje de análisis, existe un claro consenso: la ingeniería mexicana deberá desarrollar la infraestructura básica que el país necesita, como son puertos, carreteras, puentes, aeropuertos, ferrocarriles, obras hidráulicas, telecomunicaciones, unidades habitacionales, sistemas de riego, petroquímica, universidades, escuelas, hospitales, etcétera.
2. Esta infraestructura incluye la creación y la modernización de los centros de investigación alineada a los diferentes entornos de México.
3. La construcción de la infraestructura deberá no sólo diferenciarse regionalmente, sino incluso focalizarse con el objeto de que sea pertinente a las diversas vocaciones tecnoproductivas locales y al mismo tiempo sea plataforma para dinamizar las cadenas productivas.
4. Se ha propuesto ya un programa de infraestructura estratégica del país, cuya implementación requiere 2,300 millones de dólares cada año para las ingenierías, y una inversión de 230 mil millones de dólares en infraestructura. Lo cual se resume en el siguiente gráfico:



3.4.4 Eje 4. Políticas públicas

1. México necesita realizar un gigantesco esfuerzo de planeación con perspectiva de largo plazo, para construir una infraestructura que lo haga un país viable. De esta forma, no sólo requerirá de planeación, sino de fuertes inversiones, y será preciso definir una política nacional de desarrollo.
2. Las políticas públicas deberán ser “terapias de choque” que reactiven el desarrollo diferenciado del país, cuyo punto nodal sería la ciencia, la tecnología y la educación, alineadas a sus entornos industriales y socioculturales. Para ello, será necesario crear una plataforma que vincule a los centros de investigación, a los empresarios, a los ingenieros y al gobierno en un mismo rumbo (hacia dónde, con quién y cuántos).
3. Las políticas públicas para desarrollar la ingeniería mexicana requerirán tener como prioridad el desarrollo de la infraestructura básica, pero deberá enfocarse a partir de líneas estratégicas definidas por la diversidad geo-económica de México (sistemas regionales de innovación tecnológica).
4. La tecnología deberá ser propia (generarse en México) o apropiada (disponible en el mercado global: sistemas regionales de innovación tecnológica). El gobierno y el Estado necesitarán impulsar esencialmente tecnologías para generar productos que resuelvan los problemas del país.
5. Las políticas públicas habrán de orientarse a incrementar la competitividad de México en el proceso de globalización y estar constituidas por un conjunto de acciones que van desde los incentivos fiscales, el apoyo a las empresas mexicanas, el gasto público, reglas claras y transparentes, tasas bajas de financiamiento, etcétera.

Lo anterior se resume en la siguiente gráfica:



3.5 Conclusiones de la prospectiva de la ingeniería en México

3.5.1 Futurible

El objetivo de esta primera etapa del Proyecto de Planeación Prospectiva y Estratégica de ANFEI, puede expresarse sintéticamente en el siguiente escenario deseable-posible (futurible) para la ingeniería mexicana de 2030 y sus escuelas y facultades:

Una ingeniería profunda en conocimiento, comprensiva e innovadora en su práctica, con mentalidad competitiva, abierta, práctica y nacionalista, con sensibilidad social, propositiva y vocación clara: "pelear posiciones en la economía mundial".

Para ello, necesitamos contar con escuelas de ingeniería que se conviertan en industrias del conocimiento, certificadoras de calidad; en centros promotores del cambio y generadoras de recursos humanos de alta calidad, fuertemente vinculadas a las empresas; orientadas a nichos estratégicos y regionales, que ofrezcan una educación dual: en el aula y en el sistema productivo, con laboratorios equipados que generen círculos virtuosos entre producción-escuela.

2.5.2 Estrategias

Durante este trabajo se encontró que existe consenso en cuanto a que de seguir la tendencia reciente en la materia, para 2030, México se mantendría por lo menos estancado con respecto a su situación actual (con altas probabilidades estar en peor situación comparativa con otras naciones). Tal situación llevó a los expertos a demandar un urgente y enérgico “golpe de timón” que no solamente reaccione ante la problemática del momento sino que rompa la tendencia existente y de un viraje hacia un nuevo paradigma. Las acciones que se requieren para lograrlo pueden enmarcarse en las cuatro vertientes siguientes:

3.5.2.1 Sobre los nuevos escenarios y los nuevos campos de la ingeniería

Tal y como se estableció en la revisión documental, las ingenierías se desarrollarán en cuatro escenarios: la revolución científica, la revolución biotecnológica, la ecología y la sociedad del conocimiento. Las ingenierías se diversificarán: desde el diseño de máquinas creativas y de fabricación personal, la nanotecnología, el uso de materiales y la biotecnología, la computación ubicua y quantum, y la robótica, hasta las ingenierías sociales, de recursos naturales, de desastres y de pandemias. Será preciso que las escuelas realicen lecturas pertinentes sobre los escenarios y los nuevos campos de conocimiento, en el entendido de que se tendrá que elegir por alguno o algunos de éstos. En este sentido, el presente estudio demuestra que los campos profesionales gravitarán alrededor de las ingenierías básicas (civil, mecánica, eléctrica, química) e incorporarán nuevos campos y prácticas profesionales, por ejemplo: ingeniería genética, teleinformática, ingeniería de materiales, nanotecnología, aeronáutica, etc. Adicionalmente se seguirán requiriendo ingenieros para resolver los rezagos en agricultura, energía, comunicaciones, teleinformática y se tendrá que trabajar sobre nuevos campos, tales como la biónica, la mecatrónica y la telemática.

Bajo tales escenarios, las ingenierías en los países emergentes y en desarrollo tendrán que aprovechar las nuevas ventanas de oportunidad que se abren: un conocimiento que se internacionaliza y que busca ventajas comparativas basadas en el capital humano competitivo y en la capacidad instalada. Asimismo, los nuevos campos de las ingenierías exigirán estrategias para resolver las paradojas de la globalización: masificar y diferenciar, integrar y recomponer, reducir y expandir multitud de productos, lo cual demandará flexibilidad, movilidad e innovación en su práctica profesional.

En el libro de varios autores "Planeación estratégica de la infraestructura en México 2010-2035", publicado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México, en noviembre de 2009, se presentan opiniones y visiones acerca de las distintas actividades del ingeniero civil en México, agrupadas en los capítulos de Planeación, Agua, Comunicaciones y transportes, Energía, Medio ambiente, Desarrollo urbano, La formación del ingeniero civil, Marco legal y Propuestas.

3.5.2 Sobre las escuelas de ingeniería del futuro

Las escuelas de ingeniería deberán ser instituciones de alta calidad académica, con un fuerte nivel de vinculación con los sectores productivos, con un profesorado profesionalizado y orientado a resultados (sobre todo al aprendizaje comprensivo de contenidos pertinentes); por lo tanto con modelos educativos flexibles, abiertos y con una fuerte y permanentemente actualizada infraestructura en TIC; que respondan tanto a las necesidades sociales como a las del mercado; con programas de vinculación con la sociedad que les permitan solventar carencias básicas de transporte, agua, vivienda, electricidad, etc.; que en ocasiones el mercado no demanda.

Para ello, las escuelas de ingeniería tendrán que reestructurar la oferta educativa, reducir y focalizar sus especialidades de acuerdo con sus ambientes tecnoproductivos en los que interactúan (regiones), e incorporar al currículo contenidos que no sólo provengan del desarrollo científico tecnológico en los que se inscriben las prácticas de las ingenierías, sino que incluyan conocimientos diversos, provenientes de campos distantes como las ciencias sociales y administrativas. Las recomendaciones indican/prescriben que los currículos deberán ser una mezcla de saberes básicos generales, especializados, disciplinarios, interdisciplinarios y multidisciplinarios.

Desde esta perspectiva, las escuelas tendrán que construir modelos pedagógicos altamente eficaces, que hagan convivir los enfoques tradicionales con los innovadores de la pedagogía, cuya guía sean los resultados de aprendizaje y el aseguramiento de la calidad. Ello implica que los modelos pedagógicos deberán recurrir a todo el arsenal didáctico disponible: la educación presencial y la virtual; la basada en el aprendizaje y la confinada en la enseñanza; así como la centrada en el conocimiento y la focalizada en su aplicación eficiente.

Todas las opiniones de los expertos consultados y la revisión documental sobre el tema, indican que las innovaciones que introduzcan las TIC

serán un factor fundamental para el cambio organizacional de las escuelas, lo cual apunta a convertirlas en industrias de conocimiento y centros certificadores de calidad. Las TIC harán posible esta aspiración, esa es la esperanza, que la cobertura se amplíe y la calidad de la educación se garantice.

En este sentido, las escuelas de ingeniería tendrán que modernizar su infraestructura tecnológica, no sólo en lo que se refiere a laboratorios y centros de investigación, sino también sus instalaciones y procesos administrativos, lo cual demandará nuevos aprendizajes institucionales (por ejemplo, la alfabetización digital).

3.5.3 Sobre la formación de los ingenieros para el futuro

Si bien el Estado, los grandes actores empresariales, el poder político y el poder económico, tendrán que revitalizar el desarrollo nacional y lograr la sustentabilidad y la viabilidad del país, el sistema educativo, tanto privado como público, deberá hacer sus propias mudanzas. A continuación se presentan algunas de las más relevantes:

- Existe cierta controversia entre los expertos: por una parte, hay quienes señalan la necesidad de formar "ingenieros generalistas", que puedan adaptarse a ambientes tecnológicos y sociales cambiantes e inciertos, y en los que no se diluya su saber; empero, otros mencionan que más bien se debería formar "ingenieros especialistas", quienes estuvieran alineados en sus competencias con la pertinencia, y orientados a resolver las necesidades del mercado y de la sociedad. Al parecer, estas dos posiciones no son irreconciliables o excluyentes; dependerán de una elección estratégica de las instituciones educativas y de la evolución de las cadenas productivas dentro del entorno que atienden.
- En este sentido, casi todos concuerdan en que el futuro ingeniero será un técnico altamente diferenciado, que sabrá mediar entre los conocimientos científico-técnicos y los sistemas productivos, incorporará valor a los productos desde la planeación, el diseño y la construcción (innovación) hasta la operación de estos. Un profesional que además incorporará habilidades empresariales y capacidad para adaptarse a ambientes socioculturales diversos, cambiantes, que hoy se interconectan en el espacio de la globalización. Un ingeniero competente en sus saberes propios: matemáticas, física y química, pero también culto y multidisciplinario, con una idea planetaria de su práctica profesional, que le permita resolver los problemas tanto

locales como globales, sin olvidar su identidad nacional, gremial y su bagaje cultural.

- La vinculación con la sociedad y con el mercado se convierten en los vectores del cambio curricular. Dicho vínculo distingue entre las necesidades de ambas entidades y las pondera para su implantación en el sistema educativo bajo los criterios de pertinencia, calidad y equidad social. Los fines educativos deberán hacer conciliar o alinear tanto las demandas sociales (infraestructura para el desarrollo) con las necesidades de mercado (productos innovadores para públicos altamente diferenciados).

3.5.4 Sobre el papel del estado y las políticas de desarrollo

- Será necesario impulsar una política de ciencia y tecnología que privilegie los nuevos campos de las ingenierías y fortalezca sus saberes tradicionales.
- Se deberá federalizar la ciencia y la tecnología de acuerdo con un plan estratégico de largo plazo, convertir al CONACYT en secretaría de estado e invertir al menos 1% del PIB en ciencia y tecnología; asimismo, se tendrá que estimular fiscalmente a las empresas para que apoyen con recursos la generación de tecnologías productivas (por ejemplo, centros de desarrollo tecnológico junto a los centros educativos).
- México deberá desarrollar tecnología y entrar en el campo de la innovación. Para ello, necesitará asignar considerables recursos económicos a la formación de recursos humanos enfocados a la innovación. Tendrá que aplicar una vigorosa política de estado para promover la ciencia y la tecnología. Estratégicamente, mudarse hacia las tecnologías emergentes, como la nanotecnología, las telecomunicaciones o la genómica. El sector privado tendrá que erigir centros de investigación.
- Además, México requerirá establecer una política de infraestructura nacional, sustentada en el desarrollo, que defina hacia dónde caminará el país y en qué ramas. Los campos nuevos son la microelectrónica, la nanotecnología y la biotecnología, entre otros.
- México deberá desarrollar líneas estratégicas por lo menos en la industria automotriz, la aeronáutica, las tecnologías de la información y el cemento. Traer o atraer inversiones que ofrezcan nuestras

ventajas competitivas: mentes de obra capacitadas en tecnologías estratégicas y no mano de obra calificada.

- El país tendrá que alinearse a los nuevos tiempos y anticiparse al futuro, realizará cambios significativos en sus políticas, tales como:
 - Recuperar el papel de la ingeniería mexicana e integrar el diseño, la construcción y la operación de la infraestructura.
 - Crear un esquema autosuficiente de ingenierías, que integre la planeación, el diseño, la construcción y la operación de la infraestructura básica de México.
 - Impulsar un programa de infraestructura estratégica como instrumento de desarrollo.
 - Recuperar el papel de las empresas mexicanas de ingeniería en la planeación, diseño, construcción y operación de la infraestructura del país, al menos con una participación de 50% de la inversión.
 - Formar generaciones de ingenieros diferenciados, diversos y plurales pero fuertemente integrados, habilitados en el diseño, que permitan competir con las grandes empresas diseñadoras.
 - Revertir la cultura de la ingeniería actual, para focalizarla en el diseño. Las escuelas modificarán sus currículas hacia el diseño y construirán programas de formación continua y utilizarán todos los medios posibles.
 - Clarificar, especializar y focalizar los esfuerzos educativos, de investigación y de vinculación con un enfoque regional y local, en función de una clara visión proactiva y estratégica tanto para cada una de las regiones como para una sinergia nacional.

3.6 Mapa de ruta

El camino para alcanzar el futuro requiere describir una ruta, es decir, un mapa con los pasos a emprender. La ANFEI lo visualiza de la siguiente manera:

Primero. Comprender el sentido del cambio. La globalización está modificando los saberes y las prácticas profesionales. Estos cambios están centrados en los avances de la física, la química, la biología y la informática, los cuales se expresan en nuevos campos de intervención:

el uso de materiales, el diseño de máquinas creativas, la nanotecnología, la robótica, la computación ubicua y quantum; tecnología médica, etcétera. Los ejercicios y las prácticas profesionales se diversifican, se crean nuevas ingenierías, entre las que destacan la genética, la nanotecnología, la mecatrónica, la teleinformática, de materiales, aeronáutica, de los desastres y de ecología.

Segundo. Interpretar los cambios y la manera en que se adaptan a México. Esto significa que el sistema educativo, y en concreto el de las ingenierías, tendrá que precisar/definir el modelo de su oferta educativa, seguir una estrategia de regionalización y selección pertinente de prácticas profesionales, que obedezca a un modelo en el que converjan la tradición y la innovación, los conocimientos básicos y los complementarios, los generales y los específicos, etcétera. Ello implica aumentar el número de egresados, sobre todo del posgrado; incorporar los nuevos campos profesionales (descritos en el presente trabajo); robustecer los campos tradicionales de las ingenierías (civil, mecánica, química y eléctrica); impulsar la creación de centros de investigación e intensificar la vinculación de las escuelas con las empresas y con la sociedad.

Tercero. Definir los campos de desarrollo científico y tecnológico del país. Impulsar una política de ciencia y tecnología policéntrica, regionalizada y especializada, que esté apoyada en un gasto sustantivo suficiente y creciente. En este sentido, será preciso que los actores involucrados (gobiernos, empresas, académicos, etcétera) establezcan los principios conductores (drivers) del desarrollo nacional: energía, infraestructura, agroalimentos, turismo y logística-conocimiento. Ello también requerirá desarrollar una infraestructura básica: puertos, carreteras, puentes, presas, centrales eléctricas, aeropuertos, ferrocarriles, obras hidráulicas, telecomunicaciones, desarrollos habitacionales, sistemas de riego, plantas petroquímicas, construcción de escuelas, hospitales, entre otros.

Cuarto. Entender que las escuelas pueden intervenir directamente. En el caso de los dos primeros pasos citados, son acciones estratégicas que dependen de la escuela, pero no así en el tercer paso, en el que las escuelas sólo pueden impulsar, demandar o presionar para que se realicen una serie de acciones, igualmente estratégicas, pero cuya motricidad o acción no depende de las instituciones educativas sino del sistema político económico.

3.7 Segunda etapa

Para acompañar los procesos planteados desde el origen de este proyecto, cabe ahora desarrollar dos estrategias:

- a. Clarificar y focalizar los perfiles, carreras, currículos, planes de estudio y planes generales, del conjunto de las escuelas y facultades de ingeniería, a largo plazo.
- b. Fomentar y orientar ejercicios de planeación prospectiva y estratégica para cada una de las ocho regiones que conforman la ANFEI. De tal manera que se genere tanto un fortalecimiento regional y local, como sinergia y complementariedad a nivel regional.

II. Prospectiva de la ingeniería en países de habla castellana o portuguesa, según la declaración de Lisboa

El 12 de marzo de 2008 se realizó, en Lisboa, Portugal, el “Primer encuentro de las asociaciones profesionales de ingenieros civiles de los países de lengua portuguesa y castellana”, para analizar el estado actual de la Ingeniería civil en Angola, Argentina, Brasil, Cabo Verde, Chile, Costa Rica, Cuba, El Salvador, España, Macau, Mozambique, Paraguay, Portugal y Puerto Rico. En la reunión se destacó que los 30 países de lengua oficial portuguesa o castellana cuentan con una población superior a 630 millones de personas. Entre los objetivos a alcanzar, estaban la satisfacción de las necesidades básicas de sus habitantes y acelerar el proceso de desarrollo para la mejora de sus condiciones de vida, los cuales encuentran en la Ingeniería un recurso indispensable para materializar su concreción.

Con base en un cuestionario amplio efectuado en un gran número de países, las asociaciones profesionales de ingenieros civiles de los países de lengua oficial portuguesa o castellana, incluidas asociaciones, consejos, colegios y órdenes profesionales, que representan cerca de medio millón de ingenieros civiles reunidos en el Primer Encuentro, establecieron los principios que consideran que deben regular el ejercicio de la profesión de Ingeniero Civil, la mayoría de los cuales son extrapolables a todas las áreas y especialidades de la Ingeniería.

El diagnóstico para la Ingeniería Civil establecido en dicha Declaración y, por considerarlo aquí procedente, es generalizado en este documento a todas las áreas de Ingeniería, establece que actualmente, cerca de mil millones de personas aún no tienen acceso a agua potable y más del 40 %

de la población mundial no dispone de sistemas de saneamiento básico.

En los países en desarrollo, cerca del 90% del agua canalizada y del 70% de los efluentes industriales, son liberados sin recibir ningún tipo de tratamiento, por lo que contaminan las reservas disponibles y perjudican el medio ambiente y los recursos naturales.

En cuanto a la energía, cerca de 1,6 mil millones de personas carecen de acceso a redes eléctricas, la mitad de la población mundial aún quema madera, carbón, estiércol y otros combustibles, para cocinar o calentar las viviendas, lo que provoca la emisión de gases contaminantes y riesgos a la salud.

Estos números y las enormes carencias de vivienda y de las infraestructuras rurales, urbanas e industriales, muestran claramente lo mucho que todavía resta por hacer en todo el mundo para satisfacer las necesidades más básicas y crear empleos dignos.

Es un hecho ampliamente reconocido hoy en día que la inversión en infraestructuras de abastecimiento de agua y de saneamiento básico, en la vivienda, los transportes, la energía y la irrigación constituye una valiosa contribución para el desarrollo sostenible de los países y para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Además en todos los países, independientemente de su nivel de desarrollo, la protección contra las catástrofes naturales y la gestión y prevención de riesgos, como sismos e inundaciones, la protección de los litorales y la seguridad de personas y bienes, que resultan de las obras de la Ingeniería, continúan mereciendo una gran atención de todos los responsables de las políticas públicas nacionales y regionales.

Por todo ello, las distintas especialidades de la Ingeniería siguen siendo estratégicas e indispensables para satisfacer las necesidades básicas de las poblaciones y garantizar las condiciones de seguridad y de desarrollo, independientemente del modelo socioeconómico que se implante. Por tanto, los Ingenieros no deben quedar al margen de la planificación nacional y regional, ni de la toma de decisiones para lograr el desarrollo sostenible de sus países.

En un mundo cada vez más globalizado, la creciente libertad de circulación y de contratación, ha creado una mayor interdependencia y un creciente intercambio de conocimientos y experiencias para resolver problemas en similares, aunque en países diferentes.

A los ingenieros esta realidad les impone nuevas formas de ejercer la profesión, desagrega actividades, subcontrata partes, origina nuevos tipos

de servicios y fortalece sus capacidades de innovación, que van a exigir creciente especialización y una actualización permanente que permitan adquirir y mejorar las competencias y la confianza pública en la Ingeniería.

En la época actual, la falta de valores, de exigencia y de rigor, así como una mayor desconfianza, acentúan la crisis de la sociedad, que se debate con la incapacidad de mantener de forma sostenible un modelo de desarrollo adecuado y sostenible.

La globalización ha permitido la movilidad de empresas de proyectos y de construcción, que generan flujos migratorios de ingenieros que compiten en los mismos espacios, utilizan diferentes métodos y reglamentos técnicos, que pueden ser reconocidos o no, por las organizaciones de cada país.

El reconocimiento de competencias de los ingenieros con títulos obtenidos en diferentes países, es hoy una de las mayores dificultades que enfrentan las asociaciones profesionales, para condicionar el ejercicio de la profesión. Por eso, es importante establecer sistemas que permitan conocer mejor las formaciones y exigencias establecidas en cada país.

La formación de ingenieros, la certificación de sus competencias y de los reglamentos que saben aplicar, ya no se limita a ser un problema de cada país y de las respectivas asociaciones profesionales, sino de todos los usuarios del resultado de ese trabajo y de la sociedad en general.

Las asociaciones profesionales de ingenieros tendrán que establecer criterios de evaluación y de reconocimiento de competencias, con la participación de instituciones públicas y académicas, para permitir no sólo una mayor movilidad de sus miembros, sino también mayores garantías de confianza en la práctica de actos de interés público.

En esta perspectiva, las asociaciones profesionales deberán contribuir a la gestión del desarrollo de los profesionales, tener en cuenta al menos tres factores:

1. Los conocimientos adquiridos, las competencias y la experiencia profesional.
2. La contribución que estas capacidades tienen para la cadena de valor de los procesos productivos, a la cual corresponderá una retribución;
3. La forma como es reconocida socialmente la prestación profesional de los Ingenieros.

Los importantes aspectos de ética y deontología profesional, que evolucionan con el permanente combate contra la corrupción, deben, igualmente, ser integrados en los programas de formación continua.

En el marco de una sociedad competitiva y en permanente cambio, para las empresas, que dependen de la innovación, de la especialización y de la diferenciación para obtener ventajas competitivas, la ingeniería constituye una plusvalía. Pero este desafío, cada vez más rápido, plantea a los ingenieros problemas que en el pasado no existían de forma tan evidente.

En este sentido, cabe preguntarse si los ingenieros tenderán a ser profesionales de desgaste rápido. Este problema de la jubilación prematura, ya diagnosticado en diversos países, ha motivado reflexiones sobre el valor del conocimiento especializado y sobre el valor de la experiencia acumulada en el ejercicio de funciones y, principalmente, sobre la importancia de una formación de base amplia, de tipo generalista, frente a una excesiva especialización que podrá limitar la capacidad de evolución y la asimilación de nuevos conocimientos. Surge así como inevitable que, en los itinerarios profesionales, la formación continua y la gestión del desarrollo de los profesionales, deberá merecer una atención cada vez más relevante.

Como consecuencia de lo expuesto en el Encuentro, las Asociaciones Profesionales de Ingenieros Civiles firmaron la Declaración de Lisboa (documento de circulación restringida), en la que se expresan los siguientes principios, los cuales, por considerarlos aplicables, se generalizan en este documento, en los casos procedentes, a todas las especialidades o áreas de la Ingeniería.

1. Atendiendo al papel que los ingenieros desempeñan en la sociedad, al practicar actos de elevada responsabilidad y que deben merecer la confianza pública, la profesión debe ser considerada de interés público;
2. El ejercicio de la profesión deberá estar encuadrado y regulado a través de asociaciones profesionales, con aplicación de códigos de ética y de deontología profesional que someta a los ingenieros a reglamentos de disciplina;
3. Para títulos académicos que no correspondan a patrones internacionalmente reconocidos, será necesario establecer una diferenciación con la calificación profesional de Ingeniero, que será definida por la Asociaciones Profesionales de los Ingenieros o de los Ingenieros en general.
4. El acceso a los cursos superiores de Ingeniería deberá satisfacer

exigencias de formación adecuada en disciplinas básicas, como matemáticas, física, química y otras ciencias básicas;

5. La formación impartida por las escuelas superiores de ingeniería deberá ser sometida a un sistema de evaluación de calidad, que tenga en cuenta las competencias que deberán transmitir a los alumnos;
6. Para el ejercicio de la profesión de ingeniero, con las competencias reconocidas a lo largo de las últimas décadas, se considera necesaria una formación integrada de educación superior de un mínimo de cinco años;
7. Las competencias que deberán ser aseguradas en la formación de los ingenieros, deberán ser definidas con gran implicación de las asociaciones profesionales, recurrir a criterios que permitan garantizar la confianza en la práctica de actos de interés público;
8. Las asociaciones profesionales representativas de los ingenieros deberán ser, obligatoriamente, consultadas para la emisión de dictámenes y recomendaciones sobre la producción de reglamentos técnicos y legislación aplicable en el ejercicio de la profesión;
9. Las asociaciones públicas profesionales de ingenieros deberán estimular y promover la formación continua de los ingenieros, con vistas al mantenimiento de competencias, así como de forma tendencial, procurar implementar sistemas de evaluación;
10. En el ejercicio de sus funciones, los Ingenieros deberán subordinar sus actos a la garantía de las condiciones destinadas a satisfacer el interés público, con particular énfasis en materias de seguridad y de protección del medio ambiente y de los valores del patrimonio histórico y cultural;
11. Los ingenieros deberán prestar especial atención a las soluciones que garanticen menores costes de construcción, mantenimiento y conservación de los bienes producidos, en concordancia con los principios del desarrollo sostenible;
12. Las asociaciones profesionales deberán contribuir a reducir los aspectos de vulnerabilidad de los pequeños países insulares;
13. La elaboración de proyectos por Ingenieros reconocidos por las respectivas Asociaciones Profesionales, deberán ser garantía suficiente, eximiéndolos de su verificación posterior por parte de los servicios de la Administración Pública, simplificándose así la intervención del Estado, con la consiguiente transferencia de responsabilidad;

14. Los reglamentos técnicos, para garantía de su cumplimiento, deberán identificar las competencias profesionales exigidas para su correcta aplicación;
15. La importancia de la profesión de Ingeniero deberá ser reafirmada con vistas a motivar a las nuevas generaciones para el ejercicio de la profesión. Por eso, los ingenieros deberán contribuir a:
 - Garantizar las condiciones de seguridad de las construcciones;
 - Garantizar las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores en los lugares de trabajo;
 - Prevenir y minimizar los efectos de las catástrofes naturales, como sismos, maremotos, huracanes e inundaciones;
 - Proteger las franjas costeras;
 - Garantizar un mejor aprovechamiento de los recursos naturales;
 - Mejorar el ordenamiento y el desarrollo del territorio y las condiciones para elevar la calidad de vida de las poblaciones;
 - Defender el medio ambiente, y minimizar los impactos de las construcciones;
 - Reducir la siniestralidad en carretera, así como en los recintos de construcción, a través de mejores proyectos y sistemas constructivos adecuados;
 - Combatir la corrupción, mediante propuestas que simplifiquen las normas y reglamentos en vigor, con análisis de los procesos productivos y de los sistemas de evaluación y de decisión;
16. Las asociaciones profesionales de ingenieros deberán garantizar el sello de confianza en actos practicados por ingenieros, penalizar a quienes no demuestren ser merecedores de esa confianza pública;
17. Atendiendo a las diferentes formaciones y calificaciones profesionales, resulta indispensable una adecuada diferenciación legal de los límites de actuación entre los diferentes grupos profesionales, orientada a lograr la integración y valoración de todos los profesionales que intervienen en los procesos productivos de ingeniería, siempre de acuerdo con sus respectivas competencias;
18. Entendiendo que los retos del desarrollo son básicamente resueltos por equipos multidisciplinarios, los ingenieros deben integrar proyectos de carácter social y contribuir para alcanzar los ocho Objetivos del Milenio (acabar con el hambre y la miseria; lograr educación básica y de calidad para todos; igualdad entre sexos y valorización de la mujer; reducir la mortalidad infantil; mejorar la salud de las mujeres en estado de gestación; combatir el sida, la malaria y otras enfermedades; contribuir a la calidad de vida y a la conservación del medio ambiente; trabajar por el desarrollo), buscar así construir un mundo mejor;

19. Las asociaciones profesionales de ingenieros van a intentar promover una mejor integración entre el sector académico de universidades, docentes, estudiantes y los profesionales;
20. Las Asociaciones Profesionales de Ingenieros en su esfuerzo de comunicación con la sociedad en general, se comprometen a utilizar una terminología comprensible para los ciudadanos.

III. Visión de la ingeniería civil en 2025, según la ASCE

Un grupo de ingenieros civiles y otros líderes, incluidos invitados internacionales convocados por la American Society of Civil Engineers (ASCE), se reunieron el 21 y 22 de junio de 2006 para participar en la cumbre sobre el futuro de la ingeniería civil, con el propósito de articular una visión mundial a la que aspira para el futuro de la ingeniería civil, abordaron todos los niveles y facetas de la comunidad de esta profesión. El siguiente texto es una traducción de parte del documento publicado por la ASCE en 2007 titulado "The vision for Civil Engineering in 2025".

El estado de la ingeniería civil de hoy sirvió de punto de referencia en la cumbre. Los ejemplos de los asuntos en curso y las tendencias notadas en la cumbre, incluyen la mala condición de la infraestructura en muchas naciones, la ocurrencia de la corrupción en la ingeniería mundial y la industria de la construcción, la participación mínima de ingenieros civiles en los procesos políticos, la necesidad de aceptar la sostenibilidad completamente, la globalización de la práctica de ingeniería, y el deseo de atraer a los mejores y más brillantes estudiantes hacia la profesión.

Los participantes en la reunión ven un mundo muy diferente para los ingenieros civiles en 2025. Una población mundial siempre creciente, que continuará moviéndose a las áreas urbanas, requerirá la adopción extendida de la sostenibilidad. Las demandas para la energía, agua potable, aire limpio, el traspaso y deshecho seguro de desperdicios, y el transporte, impulsarán la protección ambiental y el desarrollo de infraestructura. La sociedad enfrentará las amenazas crecientes de los fenómenos naturales, los accidentes y quizás otras causas como el terrorismo.

El atender los problemas precedentes y aprovechar las oportunidades, requerirá del trabajo intra-disciplinario, multi-disciplinario, e inter-disciplinario en proyectos y en investigación, así como avances en áreas como las tecnologías de la información, infraestructura inteligente y simulación digital.

Con base en el estado de la profesión de ingeniería civil, encargada por la sociedad para crear un mundo sostenible y aumentar la calidad de vida mundial, y al considerar los desafíos y las oportunidades que enfrenta, la visión mundial desarrollada en la cumbre es que los ingenieros civiles deben:

- Desempeñarse como expertos competentes, colaborativa y éticamente
- Planificadores, diseñadores, constructores y operadores del motor económico y social
- Innovadores e integradores de las ideas y la tecnología enfrente el público, sectores público, privado y académico
- Manejadores del riesgo y la incertidumbre causados por los eventos naturales, los accidentes, y las otras amenazas, y
- Líderes en las discusiones y las decisiones que dan forma al ambiente público y la política de infraestructura

Esta visión de la ingeniería civil deberá guiar las políticas, planes, procesos y progreso de la comunidad de ingeniería civil, ya que ésta es global y debe compartir una visión común y trabajar en conjunto para conseguirlo.

Ahora que la visión está articulada y el informe completo, los líderes de las organizaciones de ingeniería civil alrededor del mundo, deben encaminar a la comunidad de ingeniería civil hacia la visión. Lograr este desafío requerirá la participación activa en una variedad de frentes ambientales y de infraestructura.

El público se ha hecho cada vez más consciente de que el desarrollo no debe resultar en un medio ambiente comprometido y agotado. Los ciudadanos cultos ven la sostenibilidad, no como un modelo de perfección inalcanzable, sino como un objetivo práctico. Para responder a esa llamada, los ingenieros civiles se dan cuenta de que deben transformarse cada vez más en diseñadores y constructores para proyectar que el ciclo de vida sea sostenible.

Tales responsabilidades ampliadas, junto con la amplitud creciente, la complejidad y la rapidez del cambio de la práctica profesional, ponen el énfasis más grande no sólo sobre la educación continua, sino también sobre lo que una educación de ingeniería civil básica debe ser.

El cuerpo de conocimientos necesarios para practicar ingeniería civil eficazmente en el nivel profesional, está más allá del alcance de la licenciatura tradicional. La educación debe fusionar la excelencia técnica con la habilidad de conducir, influir e integrar, y preparar al ingeniero

para que considere los aspectos sociales que moldean los enfoques óptimos para planear, diseñar y construir.

Los ingenieros civiles saben que no pueden descansar sobre sus laureles. Las tendencias en curso plantean las preguntas sobre el futuro de la profesión y abordan el papel que los ingenieros civiles juegan y pueden jugar en la sociedad, en la integridad final de la infraestructura del mundo y en la salud del ambiente natural.

Por años, los líderes de ingeniería civil dieron la alarma sobre la falta de inversión en mantener y mejorar la infraestructura. Algunos de esos defectos fueron ilustrados por la muerte y la destrucción causada por las fallas, en las cuales los diseños, la financiación del gobierno y los sistemas de vigilancia de la comunidad fueron puestos en la duda.

Los ingenieros civiles son dolorosamente conscientes de las consecuencias para la salud pública, la seguridad y la asistencia social, cuando la infraestructura no consigue la atención que requiere.

Los participantes en la cumbre identificaron variados atributos, ordenados en las categorías de conocimientos, las destrezas y las actitudes. Los resultados son:

El ingeniero civil se basa en los conocimientos, es decir, comprende las teorías, los principios y los fundamentos de:

- Matemáticas, física, química, biología, mecánica y los materiales, que son la base de la ingeniería
- El diseño de las estructuras, las instalaciones y los sistemas
- El riesgo y la incertidumbre, como la identificación de riesgos, los tipos y manejo de datos, y probabilidad y estadística
- La sostenibilidad, incluidas las dimensiones sociales, económicas y físicas
- Política pública y administración, incluidos elementos como el proceso político, leyes y reglamentos, y los mecanismos del financiamiento
- Fundamentos de la empresa, como formatos legales de la propiedad, las ganancias, las declaraciones de utilidades y los balances, toma de decisiones, economía y mercadotecnia
- Ciencias sociales, incluidas economía, historia y sociología
- El comportamiento ético, incluidos la confidencialidad, los códigos de ética dentro y fuera de las sociedades de ingeniería, la corrupción, y las diferencias entre requisitos legales y las expectativas éticas, y la responsabilidad de la profesión de respetar la salud pública primordial, la seguridad y el bienestar social

El ingeniero civil tiene las siguientes destrezas:

- Aplica herramientas de ingeniería básicas, como el análisis estadístico, los modelos de computadora, las normas y estándares de diseño, y los métodos de administración de proyectos.
- Aprende, entiende y domina la nueva tecnología para aumentar la eficacia y la eficiencia individual y organizativa.
- Se comunica con audiencias técnicas y no técnicas, convincentemente y con pasión, a través de escritura, escucha y aprovecha las matemáticas y los materiales visuales.
- Colabora en equipos intra, multi e inter disciplinarios, tradicionales y virtuales.
- Dirige las tareas, los proyectos y los programas para suministrar los entregables esperados, que satisfagan el presupuesto, el programa y otras restricciones.
- Lidera para formular y articular la infraestructura ambiental y otras mejoras, y desarrolla el consenso al practicar la inclusividad, la empatía, la compasión, la persuasión, la paciencia y el pensamiento crítico.

El ingeniero civil tiene actitudes que conducen a la práctica efectiva de la profesión:

- El compromiso para la ética, metas personales y de organización, y equipos y organizaciones respetables
- Curiosidad, la cual es la base para el aprendizaje continuo, nuevos enfoques, desarrollo de nuevas tecnologías y de aplicaciones innovadoras de tecnología existente, y nuevos esfuerzos
- La honestidad y la integridad - contar la verdad y mantener la palabra
- El optimismo ante los desafíos y los reveses, reconocer el poder inherente a la visión, al compromiso, a la planeación, la perseverancia, la flexibilidad y el trabajo en equipo
- Respeto y tolerancia de los derechos, valores, los puntos de vista, propiedad, pertenencias, y susceptibilidad de otros
- La disciplina de acuerdo con la salud pública, la seguridad y las implicancias de asistencia social para la mayoría de los proyectos de ingeniería, y el alto grado de interdependencia dentro de equipos de proyecto y entre los equipos y sus clientes.
- La creatividad y la capacidad empresarial, que resultan en la identificación previsoras de las posibilidades y las oportunidades.

Muchos de los atributos precedentes son compartidos con las otras profesiones. La singularidad de la ingeniería civil se centra en cómo sus atributos permiten que la profesión haga lo que hace y, más importante,

llegue a lo que quiere ser. Esto es inherente a la visión aspiracional mundial.

1. Visión aspiracional de la ingeniería civil

En 2025 la Visión aspiracional de la Ingeniería Civil, en relación con la sostenibilidad del mundo, la investigación y desarrollo, la administración de riesgos, la innovación y la integración, y la formación de ingenieros es:

La profesión de ingeniería civil global ha reconocido la realidad de escasez de recursos, el enfoque para las prácticas sostenibles y el diseño, y la necesidad para la equidad social en el consumo de recursos.

Los ingenieros civiles han ayudado a elevar las expectativas mundiales para la sostenibilidad y para la gerencia ambiental. La profesión ha llevado ante la aprobación de mundo el diseño verde y ha estado al frente de hacer que las consideraciones ambientales sean parte del ciclo de vida y de los análisis de costo-beneficio.

Los ingenieros civiles han instado a sus clientes a que se utilicen las nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, para mejorar la calidad de vida en ambientes urbanos. Los diseños incluyen reciclar con regularidad, usar materiales reciclados o hacer los componentes del proyecto reciclables al final de su vida útil.

Nuevos procesos, menos perjudiciales para el ambiente, han sido implementados, y la nueva construcción está basada en tecnologías verdes e inteligentes. Muchos nuevos edificios producen más energía que la que consumen.

Sobre el frente demográfico, el mundo está en camino de tener una población que supera los 10 mil millones personas en 2050. Hoy, las personas habitan más espacio en el planeta que hace 30 años, y están afectando el ambiente, particularmente con la necesidad de la energía, el traspaso y desecho seguro de desperdicios, el aire limpio y el agua potable.

Durante los 30 años anteriores, el calentamiento gradual del planeta ha afectado extremadamente a más de la mitad de la población del mundo que vive dentro de 50 millas de campos costeros. Estas áreas se han hecho lugares mucho más complicados de vivir debido a la elevación del nivel del mar, aumento del nivel de actividad de tormentas, y la susceptibilidad más grande para ser inundadas. La población creciente, los recursos reducidos, y el cambio climático, han puesto a la sostenibilidad en el frente de los asuntos que requieren la atención

mundial.

El crecimiento de la población continúa afectando la infraestructura. El cambio de personas de zonas rurales para ciudades y las nuevas ciudades se ha acelerado, de lo que resulta un incremento de la densidad de población en todo el mundo.

En el mundo desarrollado, la infraestructura ha envejecido, y el mantenimiento o sustitución no han podido reemplazar lo deteriorado.

En los países en vías de desarrollo, la necesidad para la nueva infraestructura supera la habilidad de la sociedad de construirla. Influidas por el liderazgo de la ingeniería civil, las personas comprenden el enlace crucial entre la infraestructura y la calidad de vida, que ha causado un cambio de políticas públicas muy importante a favor del mantenimiento mejorado de infraestructura y de acelerar la construcción de nueva infraestructura.

Veinticinco años después de la divulgación de los objetivos de desarrollo de milenio, se ha logrado un poco de progreso, pero los objetivos permanecen, en su mayor parte, atrás de la demanda mundial cada vez más urgente por la seguridad ambiental y la restauración. El conocimiento mejorado del ambiente y la aprobación de valores ambientales en general, han dado como resultado un acuerdo creciente de que los problemas ambientales globales deben ser solucionados con soluciones globales.

Las naciones reacias a aceptar estos valores enfrentan la presión mundial de ajustarse a las normas mundiales para la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida alrededor del mundo.

Las demandas de energía, agua potable, aire limpio y disposición segura de residuos, exigen el desarrollo de infraestructura. Los recursos limitados y las demandas crecientes de energía han resultado en la necesidad de priorizar los recursos energéticos y usar combustibles alternativos. El uso de carbón limpio, junto con el secuestro de carbono, la energía nuclear, y fuentes como el viento, el sol, las olas y la geotermia, han hecho posible cubrir las demandas en crecimiento. Además, la creciente urbanización ha resultado en el uso enorme de medios masivos de transporte y mucho menos dependencia en automóviles personales, que ha reducido enormemente la demanda de combustibles fósiles. La mayoría de los vehículos usan tecnología de celdas de combustible o recursos renovables, como etanol.

La necesidad de agua potable continúa siendo un asunto mundial; la urbanización rápida en países en vías de desarrollo ha sido un reto para satisfacer las demandas crecientes de agua limpia. Mejores métodos para purificación de agua, las tecnologías de desalinización y el uso creciente de sistemas cerrados, han ayudado a cubrir las necesidades. Hay un uso en crecimiento de sistemas de agua gris, así como una filosofía cambiante de purificar el agua en el punto de uso en sistemas descentralizados. Esto ha reducido la necesidad de tratar las cantidades grandes de agua a nivel de agua potable, cuando solamente una fracción pequeña es bebida por seres humanos. Esto también ha resultado en ahorros de energía para el tratamiento de agua.

Los principios de la sostenibilidad son también las demandas de lograr el traspaso y deshecho seguro de desperdicios, así como para el reciclaje creciente y el re-uso para hacer reducciones significativas en el torrente de desperdicios. Los avances en la tecnología nuclear han cambiado los requisitos para el traspaso de residuos nucleares muy radioactivos. Las filosofías de diseño han llevado a resultados del desperdicio a casi cero, y hay grandes ahorros en la energía consumida para el traspaso de los desechos. Prácticamente todo es reciclado y re-usado.

Los nuevos estándares mundiales para el diseño sostenible, promulgado por organizaciones no gubernamentales (ONGs), han sido implementados para propiciar la demanda mundial por la sostenibilidad, al adelantar la disposición de cualquier país para mantener sus propios estándares.

La aprobación de estas normas internacionales y mejores prácticas para la sostenibilidad, ha sido facilitada por un conocimiento creciente de las incumbencias de responsabilidad a nivel mundial. Cada vez más, los conductores de proyectos individuales abordan los aspectos locales, regionales y globales ambientales, y la necesidad de atender los asuntos para la sostenibilidad y la integridad de proyectos locales.

Una clave para la estabilidad del mundo entero es la igualdad más grande entre los niveles de vida. Por delante del plan, el liderazgo y la colaboración con grupos de presión muy importantes alrededor del mundo, han cerrado la brecha entre naciones avanzadas, en vías de desarrollo e insuficientemente desarrolladas.

Los enfoques innovadores han resultado en adición de infraestructura, así como el retiro, la reparación o la sustitución de ella sobre la base de los requisitos sociales nuevos. Los ingenieros son reconocidos como líderes, profesores y aprendices, en una extensión amplia de temas

ambientales y de infraestructura. La financiación de infraestructura involucra el ciclo de vida, y el análisis del costo con consideración de la opinión pública respecto a decisiones para los diferentes asuntos.

2. Investigación y desarrollo

Enfrentar los asuntos desalentadores que siguen a los múltiples desastres naturales y causados por el hombre, en la primera década del siglo XXI, aunado a una falta evidente de datos en relación con el diseño, mantenimiento y lecciones aprendidas, se fundó una comisión internacional para definir una dirección estratégica para la inversión global en investigación y desarrollo. Por consiguiente, los ingenieros civiles han conducido el cambio de un enfoque de recuperación a uno preventivo.

La profesión ha definido un enfoque equilibrado para conducir el programa de investigación, al encauzar la colaboración intra-disciplinaria, inter-disciplinaria, y multi-disciplinaria, para priorizar las necesidades de investigación a niveles local, regional y global. Además, los ingenieros civiles proveen la orientación técnica crítica para definir las políticas públicas a los gobiernos y comisiones.

Al cambio de siglo, un desafío muy importante en asignar el riesgo de la innovación tecnológica, recae en validar los resultados en los que el cuerpo de conocimientos era por lo menos el mínimo. Un protocolo establecido durante la última década, que acepta la práctica de conducir ensayos clínicos, ha resultado en avances de progreso en la investigación para su aplicación en los ambientes hechos por el hombre y naturales. Además, la metodología requiere de mayor transparencia y el compartir la información con el sector público.

La ingeniería civil se trasladó al frente rápidamente para definir el programa de investigación para aplicaciones de nanociencia, nanotecnología y de biotecnología en el 2025. Los ingenieros reconocieron que los productos de la nanociencia y de la nanotecnología, son los vehículos para una innovación tecnológica muy importante a lo largo de un espectro de productos que afectan a casi cada sector de la industria.

Los ingenieros civiles en la industria, la academia y el gobierno trabajaron en el desarrollo de instrumentos, metrología, y los estándares para lograr una capacidad de nanomanufactura robusta. Esto, a su vez, permitió medir y caracterizar las dimensiones físicas, las propiedades y funcionalidad de los materiales, procesos, herramientas,

sistemas y productos que constituían la nanomanufactura. Esto también condujo a que la producción fuera controlada, pronosticada y adaptada para cubrir las necesidades del mercado.

En 2025, la ingeniería civil es enfocada en desarrollo rápido y distribución de tecnologías. Los pasos tomados por la profesión durante las dos décadas anteriores en las áreas de tecnología de la información y manejo de datos, han mejorado significativamente la manera cómo son diseñadas las instalaciones creadas por la ingeniería, construidas y mantenidas.

Los ingenieros civiles y la profesión son enfocados ahora a utilizar aplicaciones para manejar la tecnología. Además, la investigación muestra que las mejoras tecnológicas pueden permitir aplicaciones todavía no identificadas ahora. Los ingenieros civiles han revertido la imagen de ser adversos al riesgo de usar las nuevas tecnologías y utilizar el acceso en tiempo real a bases vivas de datos, a sensores, a herramientas diagnósticas, y a otras tecnologías avanzadas para asegurar que se tomen las decisiones bien fundadas.

Herramientas de planeación y construcción muy integradas, soportadas por bases de datos tetra-dimensionales, han sido logradas por la inversión significativa en investigación para ampliar la capacidad de computación. Los datos circulan libremente y están disponibles siempre, representan las condiciones en curso. Los defectos latentes son identificados temprano al comienzo del diseño, y fluyen hacia atrás a la base de datos relacionados.

La infraestructura inteligente (como sensores embebidos y diagnósticos en tiempo real) ha conducido a avanzar rápidamente y adaptar tecnologías de alto valor en las fases del diseño. El monitoreo en tiempo real, la medición, la adquisición de datos, el almacenamiento y el modelado han mejorado enormemente el tiempo de pronóstico y en tomar las decisiones bien fundadas. La robótica emula los factores humanos, suministra otra dimensión muy grande para la intervención no humana en áreas de alto riesgo de la infraestructura.

Los sensores inteligentes han aumentado la productividad. Las tecnologías de chips inteligentes aumentan el seguimiento del transporte de los materiales, aceleran la construcción y reducen gastos. Los dispositivos de computación facilitan la comunicación entre ingenieros, trabajadores e inspectores in situ, y suministran el acceso para documentos remotos y recursos en otros lugares del mundo.

3. Conducir el riesgo

El mundo de 2025 enfrenta un ambiente de alto riesgo, con la amenaza en curso de desastres naturales de gran escala y de posibles actos terroristas. Los ingenieros civiles están en el frente, desarrollan los enfoques adecuados, así como los diseños para manejar y mitigar el riesgo, consideran la gran recompensa que puede venir de las soluciones de alto riesgo.

Decisiones de riesgo específicas en los proyectos son tomadas en niveles múltiples, conforme los ingenieros se hacen líderes de la prevención de siniestros en la empresa, con algunos de ellos siendo gerentes principales.

El riesgo es evidentemente un conductor muy importante para la innovación, y los ingenieros valoran qué nuevos materiales, procesos y diseños podrían ser usados; mientras sopesan el potencial de fracaso se hace el balance del riesgo versus el beneficio. Los ingenieros reducen el riesgo y, por tanto, la exposición de responsabilidad, desarrollan modelos de las estructuras muy importantes que incluyen tecnologías sin probar e investigan, de una manera flexible, el desempeño a largo plazo. Para ayudar el proceso, los gobiernos han instituido tiempos de respuesta más rápidos para nuevos reglamentos lo que ha permitido, a su vez, acelerar la innovación.

La aplicación de los estándares y códigos globales ha repercutido en aumentar la infraestructura del mundo, y los ingenieros civiles han estado en el frente para desarrollar tales pautas. Para abordar las amenazas agudizadas y la variedad de ellas de lugar a lugar, los códigos y estándares mundiales se basan en el nivel de riesgo, para lograr así su adaptación a las condiciones locales fácilmente.

Las amenazas naturales y terroristas continúan cambiando, conforme las condiciones del mundo se modifican, y los desarrolladores de los códigos y estándares se han puesto más competentes y proactivos en adaptar los estándares adecuadamente. Al abordar las diferencias del riesgo local, los ingenieros también están educando a la sociedad sobre las limitaciones de la nueva tecnología, con el propósito de que las decisiones educadas pueden tomarse sobre la base de cómo es construida la infraestructura, al mismo tiempo que maneja las expectativas. Esta gestión objetiva de las expectativas, sin embargo, no ha degradado el cuidado de los estándares.

Las grandes empresas multinacionales continúan expandiéndose y llegan a ser fuerzas económicas muy importantes a escala mundial, con ingresos corporativos totales que exceden el producto interno bruto de muchas naciones. Atribuible en parte a la naturaleza interrelacionada de su producción mundial y red de suministros, han ganado gran influencia sobre las normas y estándares ambientales de las naciones.

Estas corporaciones multinacionales son ahora conductores muy importantes de los estándares ambientales mundiales, y la oportunidad para promover los estándares más exigentes en todos los países ha crecido. Las fuerzas económicas ayudan a conducir tal mejora ambiental, pero los estándares ambientales menos severos todavía prevalecen en algunos países poco desarrollados. Los asuntos de acatamiento local también se quedan como desafío.

4. Maestros innovadores e integradores

En la profesión de ingeniería civil, la entrega del proyecto se ha hecho un proceso cada vez más complicado y diverso. Hace veinticinco años, un propietario contrató a un profesional de diseño para desarrollar los planos y las especificaciones, que luego fueron dados a un constructor que los transformó en un producto terminado.

El equipo de diseño de 2025 incluye una multitud de participantes, muchos de ellos no están en la profesión de ingeniería, pero sí en áreas relacionadas de administración, las ciencias ambientales, las ciencias sociales y legales, la planificación, la geografía y otras disciplinas afines. De igual manera, el equipo del contratista comprende docenas de profesionales especializados en las áreas particulares, que se juntan en un proceso dirigido a terminar en tiempo y forma el proyecto requerido.

Como innovadores e integradores, los ingenieros civiles son los líderes que ayudan a desarrollar e implementar nuevas tecnologías y a crear las ventajas competitivas apropiadas. Los ingenieros civiles son educados, entrenados y bien equipados, para estar en el frente de adaptar e integrar estas nuevas tecnologías, tanto en el diseño como en la construcción. Los ingenieros civiles reconocen que un enfoque angosto sobre la construcción no es más válido; su enfoque debe tener muchas facetas, ser multidisciplinario y holístico.

Los ingenieros civiles son también líderes que desarrollan e implementan programas de educación continua, que abarca el concepto de constructor e integrador. El equipo y los atributos de integrador son parte del plan de estudios de educación continua.

Como maestros innovadores e integradores, el intercambio de las ideas en tiempo real entre ingenieros y otros profesionales, ha facilitado el gran trabajo en equipo en ambientes de trabajo descentralizados. En las ubicaciones en las que el ciberespacio todavía no está disponible, la previsión de radios de mano y los dispositivos activados por voz han mantenido a los ingenieros conectados. Los proyectos son proveídos y manejados ahora como si el equipo de proyecto estuviera en su propia compañía; esto ha mejorado enormemente la matriz de trabajo y aclarado ambigüedades y los roles de trabajo de cada miembro del equipo (ingeniería colaborativa).

5. Reforma en la formación de ingenieros

Conducido por ingenieros civiles, la profesión de ingeniería mundial ha implementado cambios amplios para los requisitos académicos esenciales a la práctica profesional. Hoy, aquellos que piden la admisión para la práctica profesional de ingeniería, deben demostrar que han cumplido el cuerpo apropiado de conocimientos, a través de la educación y la experiencia. Lograr la aprobación del cuerpo de conocimientos ha tomado más de 20 años, pero es ahora la práctica en gran parte del mundo.

La educación de ingeniería civil y la experiencia temprana han sido reformadas. Este cambio fue mandado, en parte, por el reconocimiento de que la academia y la industria tenían que cooperar y ser socios en la licenciatura, posgrado y educación continua de toda la vida. La industria ha traído agresivamente aspectos del mundo real a las aulas de la universidad, y ha implementado los pasos de asegurar el desarrollo profesional continuado de ingenieros durante todas sus carreras. La asociación academia-industria ha permitido la formación académica para guardar congruencia con las prácticas en curso y con las nuevas tecnologías.

El cambio de fondo en la educación de ingeniería, tanto formal y en el trabajo, ha transformado a la ingeniería civil en una "Profesión de aprendizaje", al aumentar su idea de ser definidor y solucionador de problemas a la vista del público. Esto aumentó la reputación como una profesión de aprendizaje, que identifica las oportunidades y aborda los problemas muy importantes, y que ha sido citada como una razón de importancia por la cual están estudiando ingeniería civil un gran número de personas jóvenes.

El servicio de ayuda social de ingeniería civil, para ayudar a desarrollar la capacidad en el mundo en vías de desarrollo, ha puesto una "cara humana" en la profesión, que ha atraído a más mujeres, minorías y

personas interesadas en la justicia social hacia ser ingenieros civiles. Debido a este influjo de caras nuevas, la profesión de ingeniería civil hoy refleja la sociedad a la que sirve.

Además de requerir la satisfacción del cuerpo de conocimientos para entrar a la práctica profesional, la ingeniería civil ha liderado la manera de reconocer la certificación como medio de demostrar la capacidad en áreas especializadas de ingeniería civil.

Durante los 20 años anteriores, la certificación de especialidad se ha reconocido extensamente, tanto dentro como fuera de la profesión, como una medida de la competencia en un campo técnico. Como consecuencia de la certificación y de la reforma en la formación de ingenieros civiles, la percepción pública de los ingenieros civiles como profesionales capaces ha mejorado sistemáticamente.

Los ingenieros civiles han estado en el frente de combatir la corrupción en la industria de la construcción en todo el mundo, la ética es una de las piedras angulares, y la academia y la industria han promovido el aprendizaje durante toda la vida en esta área clave.

6. Acciones a realizar

La visión presentada representa un principio; es el trampolín para iniciar una ruta sostenible e influyente, con el propósito de que la visión para la ingeniería civil en 2025 pueda lograrse. El objetivo único de la cumbre fue definir esta visión; no era crear el mapa del camino de cómo lograrla. Ese trazo del camino empieza ahora; si queremos tener éxito, debemos unirnos todos los de la comunidad de ingeniería para ayudar a avanzar en este proceso.

Ahora que la visión ha sido fijada y el futuro previsto, los líderes tienen una meta para controlar sus políticas, planes, procesos y progreso sobre un frente ancho y diverso, dentro y fuera de la comunidad de ingeniería. Después de todo, poco se logrará con sólo divulgar la visión para el futuro.

Al ir hacia adelante, los líderes de la comunidad de ingeniería civil deben reconocer que:

- Deben abordarse una variedad de caminos y deben identificarse las oportunidades para la colaboración y la acción
- La comunidad internacional de ingeniería también debe estar comprometida, con el fin de maximizar la difusión de los avances

de la visión a la comunidad global de ingeniería civil

- El público y los que formulan las políticas públicas, deben ocuparse de que la profesión sirva a la sociedad al máximo
- La educación y el entrenamiento de los futuros ingenieros civiles y su desarrollo persistente, deben incluir e ir más allá de las capacidades técnicas requeridas

Forjar un plan de acción de largo plazo para conseguir la visión, requerirá la contribución y cooperación de un grupo diverso de líderes y organizaciones. Los líderes individuales dentro de la comunidad de ingeniería civil, deben construir el conocimiento y la emoción para lograr la visión.

Adicionalmente, las organizaciones de ingeniería civil deben crear el impulso para lograr la visión dentro de ellas. Deben ser identificadas y perseguidas las oportunidades específicas de presentar la visión para 2025 en las juntas de directorio, las conferencias anuales y reuniones semejantes.

Las organizaciones tienen que compartir conocimientos y trabajar en conjunto para lograr el progreso medible hacia la visión. Por ejemplo, dentro de los Estados Unidos, la ASCE, la Asociación Estadounidense de Sociedades de Ingeniería y el Consejo Estadounidense de Compañías de Ingeniería podrían colaborar, realizar talleres conjuntos para deliberar sobre cómo lograr la visión para la profesión de ingeniería civil. Hacer alianzas con organizaciones hermanas, como el Instituto Estadounidense de Arquitectos, la Asociación de Planificación Estadounidense, y otros, también incrementará el éxito para satisfacer los objetivos para la ingeniería civil. Esto mismo deberá hacerse en México con la Academia de Ingeniería, los colegios de profesionales, las cámaras industriales y las asociaciones de ingenieros especialistas.

Además de organizaciones técnicas y profesionales, las organizaciones relacionadas con los clientes deben estar comprometidas. Definitivamente, los ingenieros civiles también deben involucrar al público, por ser los beneficiarios principales de los servicios de ingeniería civil. Tales esfuerzos entre personas y organizaciones alrededor del mundo, serán clave para el logro de la visión.

Los ingenieros civiles de hoy necesitarán transformarse para conocer los desafíos de mañana. Deben estar pendientes de los cambios de tecnologías, tendencias del mercado y desarrollos de las empresas. Los ingenieros civiles tienen que desarrollar e implementar los nuevos

métodos y los productos que son sostenibles y respetuosos del ambiente. Además, deben cultivar las nuevas tecnologías, dirigir el mercado y desarrollar nuevas prácticas de negocios para lograr las transformaciones requeridas.

Educar a futuros ingenieros civiles es también un componente esencial de la visión para la profesión de ingeniería civil en 2025. Cumplir la visión, requiere un conjunto amplio de conocimientos, destrezas y actitudes que muestran la necesidad de reformar los planes de estudios hoy, para desarrollar los conocimientos, las destreza y las actitudes necesarias en 2025. Las universidades y tecnológicos deben revisar sus planes de estudios que se relacionan con el futuro ingeniero civil, para que el progreso hacia la visión pueda lograrse.

En los Estados Unidos, ABET puede ser un socio centrado en esta área. De forma semejante, los ingenieros experimentados deben entrenar y tutelar a ingenieros más jóvenes, con el objetivo de aumentar los conocimientos, las destrezas y las actitudes inicialmente adquiridas durante la formación académica.

Algunos aspectos de la visión se relacionan con la interacción del ingeniero civil con el público. Los ingenieros civiles aspiran a ser percibidos por la sociedad y por los formuladores de las políticas públicas, como asesores o consultores confiables en relación con la infraestructura.

Para lograr esto, los ingenieros civiles deben mostrar al público cómo sus servicios tocan diariamente a la sociedad y mejoran sus vidas. En particular, la comunidad de ingeniería civil debe buscar las oportunidades de usar sus habilidades y servicios para mejorar la calidad de vida en más áreas del mundo. Ahora es la época para desarrollar las soluciones factibles y económicamente viables que la infraestructura del mundo necesita. El público debe estar comprometido en este proceso continuo de elevar la calidad de la infraestructura.

Los ingenieros civiles de los Estados Unidos de Norteamérica pueden ser catalizadores al compartir la visión con la comunidad de ingeniería civil global. El sendero más seguro para el éxito, es la integración de conocimientos de ingenieros civiles dentro de uno amplio rango de las economías, las culturas y las circunstancias. Las conferencias dirigidas por grupos de ingeniería internacionales, como la Federación Mundial de Organizaciones de Ingeniería, son vehículos excelentes para obtener el acuerdo y determinar una dirección para la profesión de ingeniería civil internacional de 2025.

Las acciones colectivas de largo plazo para ayudar a conseguir la visión podrían incluir:

- Una ruta educativa más robusta para ingenieros civiles, que los preparen para el liderazgo y provean las destrezas no técnicas multifacéticas para servir en los proyectos que afectan el bien público.
- Una estructura organizativa más claramente definida para el equipo de ingeniería, en el que el ingeniero civil asume el papel de líder integrador de programas y proyectos.
- Más ingenieros civiles involucrados en foros de debate sobre políticas públicas, en las que las futuras direcciones para la sociedad son desarrolladas, y en las que los ingenieros civiles pueden ganarse la confianza del público.
- Más ingenieros civiles electos a cargos públicos, en los que pueden influir directamente en infraestructura y políticas de sostenibilidad y legislación.
- Es importante reiterar que muchas de las afirmaciones hechas para la ingeniería civil son aplicables a las demás ramas o áreas de la ingeniería, adaptando las particularidades de cada una.

7. Bibliografía

1. "Planeación estratégica de la infraestructura en México 2010-2035". Libro publicado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México, noviembre de 2009.