

VISIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL AL 2025

ASCE: American Society of Civil Engineers

Un grupo variado de ingenieros civiles y otros líderes, incluyendo invitados internacionales, se reunió en junio de 2006 para tomar parte activa en la Cumbre sobre el Futuro de la Ingeniería Civil. Su propósito: articular una visión global en cuanto a aspiración para el futuro de ingeniería civil, que tratara todos los niveles y facetas de la comunidad de la ingeniería civil.

El estado actual de la ingeniería civil sirvió como patrón de referencia de la Cumbre. Entre los ejemplos de cuestiones y tendencias actuales apuntados en la Cumbre figuran el mal estado de las infraestructuras en muchas naciones, la plaga de la corrupción en los sectores globales de la ingeniería y la construcción, la mínima participación de los ingenieros civiles en el proceso político, la necesidad de abrazar más plenamente la sostenibilidad, la globalización de la praxis de la ingeniería y el deseo de captar a los mejores y más brillantes para la profesión.

Los participantes en la Cumbre contemplan un mundo muy diferente para los ingenieros civiles en 2025. Una población mundial en permanente crecimiento y que continúa desplazándose hacia las zonas urbanas va a exigir la adopción generalizada de la sostenibilidad. Las demandas de energía, agua potable, aire limpio, eliminación segura de residuos y transporte van a impulsar la protección ambiental y el desarrollo de infraestructuras. La sociedad se va a enfrentar a amenazas crecientes como resultado de los acontecimientos naturales, de los accidentes y, quizá, de otras causas, como el terrorismo.

Tratar con los problemas y oportunidades precedentes requerirá una colaboración intradisciplinar, interdisciplinar y multidisciplinar en proyectos y en investigación y desarrollo. Serán necesarios nuevos avances en terrenos como la tecnología de la información, las infraestructuras inteligentes y la simulación digital. Informados de esta situación de la profesión de la ingeniería civil y de los desafíos y oportunidades a que se enfrenta, la visión global que, como aspiración, se desarrolló como resultado de la Cumbre es con el mandato de la sociedad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, los ingenieros civiles sirven de manera competente, colaborativa y ética como maestros:

- Planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido;
- Custodios del medio ambiente natural y sus recursos;
- Innovadores e integradores de ideas y tecnología en los sectores público, privado y académico;
- Gestores de los riesgos y las incertidumbres causados por acontecimientos naturales, accidentes y otras amenazas; y
- Líderes en debates y decisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras.

Los ingenieros civiles están justamente orgullosos de su legado. Durante el pasado siglo, el suministro de agua potable ha ampliado la expectativa de vida en general. Los sistemas de transporte sirven como motor económico y

social. Nuevos puentes, que aúnan resistencia y belleza, agilizan el tránsito y acercan a las comunidades. La construcción pública y privada, para que los ingenieros aporten los pilares esenciales del diseño y la supervisión de proyectos, produce cientos de miles de empleos e impulsa el desarrollo de las comunidades. Desde el funcional y bello puente del Golden Gate en los Estados Unidos, las torres Petronas en Malasia y el Pont du Gard en Francia, hasta los sistemas de abastecimiento de agua y de alcantarillado que pasan en buena medida desapercibidos, los ingenieros civiles han dejado su huella en muchos aspectos de la vida cotidiana de prácticamente todos los seres humanos del planeta.



Planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad

Problemas y tendencias

Durante muchos años, los líderes de la ingeniería civil hicieron sonar la alarma sobre la falta de inversión en mantenimiento y mejora de las infraestructuras. Algunas de estas deficiencias quedaron trágicamente de manifiesto por la muerte y destrucción causadas por fallos en los que algunos diseños de ingeniería, la financiación pública y los sistemas de supervisión de la comunidad quedaron en entredicho. Los ingenieros civiles son dolorosamente conscientes de las posibles consecuencias para la seguridad, higiene y bienestar públicos cuando las infraestructuras no reciben la atención que requieren.

Esas nuevas responsabilidades —junto con la mayor profundidad, complejidad y velocidad de cambio de la práctica profesional— hacen mayor hincapié no sólo en la formación permanente sino también en lo que la educación esencial en materia de ingeniería civil debe ofrecer desde el principio. El corpus de conocimientos necesario para ejercer de manera eficaz la ingeniería civil a nivel profesional trasciende el ámbito de la licenciatura tradicional, incluso aunque vaya unida a las prácticas obligatorias. La educación debe amalgamar la excelencia técnica con la capacidad de liderar, influir e integrar, y preparar al ingeniero para que pondere las distintas cuestiones sociales que conforman los planteamientos óptimos en torno a la planificación, el diseño y la construcción

Nuevas presiones

La tecnología y las fuerzas del mercado aplican presiones añadidas sobre el desempeño que los ingenieros civiles hacen de sus cometidos. El software de ingeniería civil basado en conocimientos está desplazando cada vez más tareas rutinarias de ingeniería de la esfera del ingeniero a las del tecnólogo y el técnico. ¿Cómo va a evolucionar esta tendencia en los años venideros? ¿Van los ingenieros civiles a incorporarse a un papel de gestores de sistemas?; La ingeniería civil corre el riesgo de mercantilizarse. Clientes y propietarios quizá utilicen cada vez más la contratación con pujas a la baja —y, por ende, el mínimo común denominador de innovación— en lugar de una selección basada en la cualificación y en las oportunidades de ofrecer las mejores opciones para toda la vida útil.

Por otro lado, ¿cómo reaccionarán los ingenieros civiles de las naciones avanzadas a medida que continúe contrayéndose la necesidad de contar con equipos de proyecto centralizados e ingenieros de bajo coste, procedentes de poblaciones tecnificadas de todo el mundo, compitan por un trozo de la tarta económica global? ¿Ampliarán las fuerzas económicas la tarta dando más trabajo a todos los ingenieros o se erigirán barreras para ralentizar el perjuicio sobre el empleo local? ¿Cómo adquirirán los ingenieros civiles los necesarios conocimientos de prácticas comerciales internacionales y de aspectos culturales e idiomáticos? Y ¿van a continuar haciendo frente a la corrupción en el sector global de la ingeniería y construcción? Estos factores desafían el status quo. Fruto de ello, algunos países, hoy pujantes, quizá vean disminuir su papel global en investigación y educación en el campo de la ingeniería y en la aplicación de nuevas tecnologías.

Debido a su trabajo con las infraestructuras y el medio ambiente, los ingenieros civiles pueden contribuir a la estabilidad mundial. Considérese un ejemplo: prácticamente todas las naciones se enfrentan hoy a algún tipo de reto en cuanto al abastecimiento de agua o tendrá que hacerle frente en 20 años. Esa demanda de este recurso vital, unido a la necesidad de compartirlo entre fronteras nacionales, puede crear una situación explosiva. La aplicación de los conocimientos y destrezas de la ingeniería civil para mejorar el abastecimiento de agua y mejorar su distribución podría convertirse en uno de los mayores desafíos de la ingeniería civil.

Atractivo profesional

Todas estas cuestiones representan pruebas fundamentales para los ingenieros civiles, cuyas nuevas responsabilidades se ciernen sobre las

nuevas generaciones. Durante muchos años, la profesión ha batallado con su atractivo profesional hacia una población diversa, integrada por los mejores y los más brillantes. ¿Cómo pueden los estudiantes preuniversitarios conocer más sobre las oportunidades de la ingeniería civil tanto de ayudar a la humanidad como de construir para sí una vida plena con una retribución competitiva? Y cuando los cometidos profesionales no cumplen la promesa de un trabajo estimulante, ¿Cómo puede la dirección ayudar, sin dejar de engrosar la cuenta de resultados?

Direcciones del futuro

Saben que tienen que asumir más riesgos. Saben que han de demostrar más liderazgo. Saben que deben que controlar su propio destino, en lugar de permitir que los acontecimientos les dominen.

La Cumbre sobre el Futuro de la Ingeniería Civil en 2025 representó un ambicioso paso en la senda hacia ese nuevo futuro. Los participantes se preguntaron: ¿Cuál será el mundo de la ingeniería civil dentro de 20 años? ¿Qué papel aspiran los ingenieros civiles a desempeñar en ese mundo radicalmente diferente?

El conjunto de la profesión de la ingeniería civil ha recogido el desafío.

Perfil del ingeniero civil de 2025

¿Qué podrían estar haciendo los ingenieros civiles en 2025? Al abordar esta cuestión, los participantes en la Cumbre crearon un perfil del ingeniero civil en 2025, es decir, los valores que posee el individuo que concuerda con la Visión a la que aspira la profesión.

Los valores se podrían definir como los conocimientos, destrezas y actitudes deseables. De a cómo se utiliza aquí, el término “conocimientos” es en buena medida cognitivo y consiste en teorías, principios y fundamentos. Son ejemplos la geometría, el cálculo, los vectores, la fuerza, la fricción, la estrés y la tensión, la mecánica de fluidos, la energía, la continuidad y la variabilidad.

El ingeniero civil está pleno de destrezas. Sabe cómo:

- Aplicar instrumentos básicos de la ingeniería, como el análisis estadístico, los modelos informáticos, los códigos y normas de diseño y los métodos de supervisión de proyectos
- Aprender, evaluar y dominar las nuevas tecnologías con el fin de mejorar la efectividad y eficiencia individual y de la organización
- Colaboraren equipos tradicionales y virtuales de naturaleza intradisciplinar, interdisciplinar y multidisciplinar
- Gestionar tareas, proyectos y programas para ofrecer los resultados previstos, dentro del presupuesto, el calendario u otras limitaciones
- Liderar formulando y articulando mejoras ambientales, de infraestructuras y de otra índole y propiciar consensos aplicando la inclusión, la empatía, la compasión, la persuasión, la paciencia y el pensamiento crítico.

El ingeniero civil abraza actitudes conducentes a una práctica profesional efectiva. Posee:

- Creatividad y carácter emprendedor, lo que conduce a la identificación activa de posibilidades y oportunidades y la toma de acciones para desarrollarlas.
- Compromiso con la ética, metas personales y de la organización y equipos y organizaciones que merecen la pena
- Curiosidad, que es la base para el aprendizaje continuo, los nuevos planteamientos, el desarrollo de nuevas tecnologías o aplicaciones innovadoras de tecnologías existentes y nuevas iniciativas
- Honestidad e integridad, diciendo la verdad y manteniendo su palabra.
- Optimismo frente a los desafíos y reveses, reconociendo el poder inherente de la visión, el compromiso, la planificación, la tenacidad, la flexibilidad y el trabajo en equipo
- Respeto y tolerancia de los derechos, valores, opiniones, propiedad, posesiones y sensibilidades de los demás
- Minuciosidad y autodisciplina en la preservación de las implicaciones de seguridad, higiene y bienestar de la población en los proyectos de ingeniería y el alto grado de interdependencia dentro de los equipos de proyecto y entre los equipos y las partes interesadas.

Muchos de los valores precedentes son comunes a otras profesiones. La singularidad de la ingeniería civil se pone de manifiesto en cómo permiten estas cualidades que la profesión haga lo que hace y, lo que es más importante, sea lo que quiere ser. Esto es inherente a la visión global a la que se aspira.

EL MUNDO DEL INGENIERO CIVIL

¿En qué será diferente el mundo de 2025?

¿Qué podrían estar haciendo los ingenieros civiles en ese mundo diferente?

La respuesta a la primera define el escenario en el que se desenvolverán los ingenieros civiles dentro de dos décadas. Las respuestas a la segunda definen los cometidos que podrían desempeñar los ingenieros civiles. Si bien los ingenieros civiles no serán capaces de influir mucho en el escenario, pueden determinar en qué actos aparecen y qué papeles interpretan.

El siguiente escenario se desarrolló utilizando los resultados de la Cumbre y una encuesta de la ASCE previa a la Cumbre entre sus miembros en torno a las aspiraciones y visiones para la ingeniería civil en 2025.

Se levanta el telón Estamos en el año 2025. En el segundo Simposio Trienal Mundial de Sociedades de Ingeniería Civil, que se celebra en Río de Janeiro, Brasil, ingenieros del sector, la docencia y del gobierno se reúnen para continuar la colaboración que se inició hace seis años en Oporto, Portugal. A la conclusión de las deliberaciones, los organizadores de la conferencia presentaron los siguientes informes acerca de la situación de la sostenibilidad del mundo, de la investigación y el desarrollo, de la gestión de los riesgos, de la innovación y la integración y de la reforma en la formación de los ingenieros.



“Líderes en debates y decisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras”.

Un mundo sostenible

El conjunto de la profesión de la ingeniería civil ha reconocido cada vez más la realidad de la disminución de los recursos, el deseo de prácticas y diseños sostenibles y la necesidad de la igualdad social en el consumo de recursos. Los ingenieros civiles han contribuido a elevar las expectativas globales en cuanto a sostenibilidad y custodia ambiental. La profesión ha liderado la aceptación mundial del diseño ecológico y se ha situado a la vanguardia en lo que se refiere a convertir las consideraciones ambientales parte de los análisis de ciclo de vida útil y de coste-beneficio.

Respecto a demografía, el mundo lleva camino de una población que superará los 10.000 millones de almas en 2050. Hoy, las personas ocupan más espacio sobre el planeta que hace 30 años y presionan en exceso el medio ambiente de la Tierra, especialmente por las necesidades de energía, agua potable, aire limpio y eliminación segura de residuos. Durante los últimos 30 años, el calentamiento global gradual ha afectado profundamente a más de la mitad de la población mundial que vive a menos de 80 kilómetros de las zonas costeras. Estas zonas se han vuelto lugares mucho más duros para vivir debido al ascenso del nivel del mar, al incremento de la actividad de las tormentas y a la mayor susceptibilidad de inundaciones. El crecimiento de la población, la disminución de los recursos y el cambio climático han llevado la sostenibilidad al primer puesto de los problemas que requieren una atención global.

Los cambios demográficos y el crecimiento de la población continúan presionando unas infraestructuras sobrecargadas. El desplazamiento de las personas de las zonas rurales a las ciudades y zonas aledañas se ha acelerado, lo que se ha traducido en un aumento de la densidad de población en todo el planeta. En el mundo desarrollado, las infraestructuras envejecen y el

mantenimiento o sustitución no ha mantenido el ritmo de su deterioro. En el mundo en desarrollo, la necesidad de nuevas infraestructuras supera la capacidad de la sociedad de ponerlas en pie. Influenciada por el liderazgo de la ingeniería civil, la población comprende ahora mejor el nexo crucial entre infraestructuras y calidad de vida, que ha dado pie a un importante giro de la política pública a favor de una mejora del mantenimiento de las infraestructuras y de que se acelere su construcción.

La demanda de energía sostenible, agua potable, aire limpio y eliminación segura de residuos impulsa el desarrollo de las infraestructuras a escala global. La limitación de los recursos y la creciente demanda de energía han impulsado la necesidad de priorizar los recursos energéticos y utilizar combustibles alternativos. La utilización de carbón limpio junto con el secuestro del carbono, la energía nuclear y de fuentes renovables como la eólica, la solar, undimotriz y geotérmica han hecho posible satisfacer la creciente demanda. Además, el aumento de la urbanización se ha traducido en un gran incremento del uso del transporte público y una menor dependencia del automóvil particular, lo que ha reducido mucho la demanda de combustibles fósiles. La mayor parte de los vehículos utilizan hoy la tecnología de la pila de combustible o recursos renovables, como el etanol. La necesidad de agua potable continúa siendo un problema mundial. La rápida urbanización en los países en desarrollo ha convertido en un desafío satisfacer la siempre creciente demanda de agua potable. La mejora de los métodos de purificación del agua, las tecnologías de desalinización y el aumento del uso de sistemas de circuito cerrado han contribuido a satisfacer las necesidades. Cada vez se utilizan más sistemas de aguas grises y una filosofía de cambio para purificar el agua en el punto de uso, en sistemas descentralizados. Esto ha reducido la necesidad de tratar grandes cantidades de agua a los niveles de agua potable para consumo humano. También se ha traducido en ahorros de energía en el tratamiento del agua.

Los principios de sostenibilidad están impulsando asimismo las demandas de eliminación segura de residuos y de aumento del reciclaje y la reutilización para producir reducciones sustanciales del caudal de residuos. Los avances en la tecnología nuclear han modificado los requisitos de eliminación de residuos nucleares altamente radioactivos. Las filosofías de diseño de vida útil han tomado el relevo, lo que se ha traducido en prácticamente cero residuos netos y grandes ahorros de energía consumida para la eliminación de residuos. Prácticamente todo se recicla y se reutiliza. Se han implantado nuevas normas globales de diseño sostenible, promulgadas por organizaciones no gubernamentales (ONG), con el fin de satisfacer la demanda global de sostenibilidad, trascendiendo la capacidad de un solo país de mantener sus propias normas exclusivas. La adopción de estas normas y mejores prácticas internacionales de sostenibilidad se ha visto facilitada por una mayor conciencia de los motivos de responsabilidad a escala mundial. Cada vez más, los factores de impulso de los distintos proyectos abordan cuestiones regionales y globales, además de locales debido a las perspectivas ambientales convergentes en la comunidad global y a la necesidad de la sostenibilidad e integridad de los proyectos.

Investigación y desarrollo

Ante las sobrecogedoras cuestiones que siguieron a múltiples desastres globales, naturales y antropogénicos, en la primera década del siglo XXI,

junto con una aparente falta de daños relativos al diseño, el mantenimiento y las enseñanzas extraídas, se creó una comisión internacional para definir una dirección estratégica para la inversión global en investigación y desarrollo. Como resultado, los ingenieros civiles han liderado el cambio de un planteamiento de reparación a un planteamiento preventivo.

La ingeniería civil dio rápidamente un paso al frente para definir la agenda de la investigación en aplicaciones de nanociencia, nanotecnología y biotecnología en el medio ambiente de las infraestructuras de 2025. Los ingenieros reconocieron que la nanociencia y los productos nanotecnológicos son los vehículos de una importante innovación tecnológica a través de toda una serie de productos que afectan prácticamente a todos los sectores industriales. Los ingenieros civiles de la industria, el mundo académico y el gobierno trabajaron en el desarrollo de instrumentación, metrología y normas para hacer realidad una sólida capacidad de nanoproducción. Esto permitió medir y caracterizar las dimensiones físicas, propiedades y funcionalidad de los materiales, procesos, instrumentos, sistemas y productos que constituyeron la nanoproducción. Y esto, a su vez, hizo posible controlar, predecir y dimensionar la producción para satisfacer las necesidades del mercado.

En 2025, la empresa de la ingeniería civil está centrada en el desarrollo y despliegue rápido de tecnologías. Los pasos dados por la profesión durante las últimas dos décadas en los campos de la tecnología de la información y la gestión de datos han mejorado considerablemente el diseño, la ingeniería, construcción y mantenimiento de instalaciones.

Los ingenieros civiles y la profesión están ahora centrados en utilizar su aplicación para impulsar la tecnología. Además, la investigación demuestra que las mejoras tecnológicas de hoy pueden hacer posibles aplicaciones aún no identificadas. Los ingenieros civiles han invertido la imagen de que tienen aversión al riesgo frente a las nuevas tecnologías, confiando y aprovechando en su lugar el acceso en tiempo real a bases de datos en directo, sensores, instrumentos de diagnóstico y otras tecnologías avanzadas para garantizar que se tomen decisiones informadas.

La infraestructura inteligente (como sensores integrados y diagnóstico en tiempo real) han conducido a esta transformación de tecnologías de alto valor que avanzan y se adaptan rápidamente en las fases de material fijado “pre-preg”⁹ y diseño. La supervisión en tiempo real, la detección, la adquisición de datos, su almacenamiento y modelización han mejorado mucho el tiempo de predicción conducente a decisiones informadas.

Maestros innovadores e integradores. En la profesión de la ingeniería civil, la realización de proyectos se ha convertido en un proceso cada vez más complejo y diverso. Hace veinticinco años, un propietario solía contratar a un profesional del diseño para que desarrollara planes y especificaciones que luego se darán a un contratista para que las transformara en un producto acabado. El equipo de diseño de 2025 incluye multitud de participantes, muchos de los cuales no están en la profesión de la ingeniería, sino en ámbitos relacionados como los de gestión, ciencias ambientales, ciencias sociales, jurídico, planificación, geográfico y otras disciplinas. De manera análoga, el equipo del contratista ya no consta sólo de unos pocos oficios, sino de docenas de ellos que están especializados en aspectos concretos y que

convergen en un proceso gestionado para completar el proyecto construido. Como maestros innovadores e integradores, los ingenieros civiles son los líderes que ayudan a desarrollar y aplicar las nuevas tecnologías para crear las ventajas competitivas correspondientes.

Los ingenieros civiles poseen la educación, formación y dotación para estar en la vanguardia de la adaptación e integración de estas nuevas tecnologías tanto en el diseño como en la construcción. Los ingenieros civiles son asimismo líderes en desarrollo y aplicación de la formación permanente apropiada que abarca el concepto de maestro constructor/integrador. Los atributos de equipo e integrador se integran en el currículum de la formación permanente.

Como maestros innovadores e integradores, el intercambio en tiempo real de ideas entre ingenieros y otros profesionales ha facilitado un gran trabajo en equipo en entornos laborales descentralizados. En los lugares donde el ciberespacio aún no está disponible, el suministro de dispositivos de mano inalámbricos activos por voz mantiene a los ingenieros conectados. Ahora los proyectos se dotan de personal y se dirigen como si el equipo del proyecto fuera su propia empresa. Esto ha subsanado en buena medida la “maldición de la matriz”, además de clarificar de manera inequívoca el cometido, responsabilidad y dependencia de cada integrante del equipo. El enfoque hacia las consecuencias del proyecto, y no hacia qué disciplina estaba a cargo, ha traído consigo cambios espectaculares. El ingeniero civil, como maestro integrador, ha facilitado esta mejora.

Reforma en la formación de los ingenieros.

Liderada por los ingenieros civiles, el conjunto de la profesión de la ingeniería ha implantado grandes cambios en los prerrequisitos académicos para la práctica profesional. Hoy, quienes pretenden su admisión para la práctica profesional de ingeniería debe demostrar que han adquirido el corpus de conocimientos apropiado a través de la educación y la experiencia. Conseguir la aceptación del concepto de corpus de conocimientos ha costado más de 20 años, pero hoy es práctica común en casi todo el mundo.

La educación en ingeniería civil y la experiencia en prácticas han sido objeto de reforma. Este cambio provino en parte del reconocimiento de que el mundo académico y la industria necesitan cooperar y asociarse en la realización de actividades educativas de grado, postgrado y de aprendizaje permanente. La industria ha incorporado de manera activa problemas del mundo real a las aulas universitarias y ha dado grandes pasos para garantizar el desarrollo profesional continuo de los ingenieros a lo largo de sus carreras. La asociación entre el mundo académico y la industria ha hecho posible que la educación formal siga el ritmo de las nuevas tecnologías y de las prácticas actuales, en rápido cambio.

Además de exigir la adquisición de un corpus de conocimientos para acceder a la práctica profesional, la profesión de la ingeniería civil ha encabezado la manifestación en cuanto a reconocer la certificación de especialidades como medio de demostrar competencia en ámbitos especializados de la ingeniería civil. Durante los últimos 20 años, la certificación de especialidades ha obtenido el reconocimiento general, tanto dentro como fuera de la profesión, como medida de competencia en un campo técnico. Como resultado a un

tiempo de la certificación por parte de consejos y de la reforma de la formación de los ingenieros civiles, la percepción pública en tornos a los ingenieros civiles como profesionales doctos ha mejorado de forma sostenida.



“Los ingenieros civiles han contribuido a elevar las expectativas globales en cuanto a sostenibilidad y custodia ambiental”.

“Articular una visión global en cuanto a aspiración para el futuro de ingeniería civil, que tratara todos los niveles y facetas de la comunidad de la ingeniería civil”