

Retos y Perspectivas de la Ingeniería Civil en México

Challenges and Perspectives of Civil Engineering in Mexico

Dra. María Elena Raynal Gutiérrez†*

Dr. Oscar Andrés Cuanalo Campos

Dr. Eduardo Ismael Hernández

Mtro. Pedro Luis Díaz Bermúdez

Dr. Gerardo de Jesús López Arciga

Mtro. José Daniel Dámazo Juárez

Resumen

La Ingeniería Civil es una de las profesiones más antiguas, y a lo largo del tiempo ha mantenido su relevancia al adaptarse a los desafíos sociales, ambientales y tecnológicos. Su papel fundamental es contribuir al bienestar social mediante el diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura esencial. En México, el crecimiento urbano acelerado ha generado una alta demanda de vivienda, servicios básicos e infraestructura resiliente, lo que representa un reto importante para los profesionales del sector.

Ante este panorama, la formación de ingenieros civiles se vuelve estratégica. La UPAEP ha actualizado su programa de Ingeniería Civil para responder a las necesidades del entorno actual, integrando herramientas tecnológicas como BIM, software especializado, y temas clave como sostenibilidad, eficiencia energética, gestión de riesgos y resiliencia. Además, ha ampliado su oferta académica con una maestría y una especialidad en Ingeniería del Riesgo de las Construcciones. Este artículo presenta una visión general del programa académico y sus áreas de conocimiento, subrayando la importancia de formar ingenieros comprometidos con el desarrollo integral del país.

Palabras Clave: Ingeniería Civil, Objetivos de Desarrollo Sustentable, Prospectiva de la construcción.

Abstract

Civil Engineering is one of the oldest professions and has maintained its relevance over time by adapting to social, environmental, and technological challenges. Its fundamental role is to contribute to societal well-being through the design, construction, operation, and maintenance of essential infrastructure. In Mexico, rapid urban growth has led to a high demand for housing, basic services, and resilient infrastructure, posing a significant challenge for professionals in the field.

In this context, the education and training of civil engineers become strategically important. UPAEP's Civil Engineering program has been updated to meet the current demands of the industry,

* Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla,

incorporating technological tools such as BIM, specialized software, and key topics such as sustainability, energy efficiency, risk management, and resilience. Additionally, the program has expanded its academic offering with a master's degree and a specialization in Construction Risk Engineering. This article provides a general overview of the academic program and its core knowledge areas, emphasizing the importance of educating engineers who are committed to the country's comprehensive development.

Keywords: Civil Engineering, Sustainable Development Objectives, Construction Trends.

1 Introducción

La Ingeniería Civil es una de las profesiones más antiguas. Sin embargo, a pesar del paso del tiempo, no ha perdido vigencia ni pertinencia. Al contrario, ha ido evolucionando continuamente para dar respuesta a los desafíos contemporáneos de la sociedad, cumpliendo su papel fundamental de satisfacer las necesidades de la sociedad mediante el desarrollo de la infraestructura esencial. A través del diseño, construcción, mantenimiento y operación de obras civiles, la Ingeniería Civil ha mejorado la calidad de vida de las personas. También, se ha adaptado a los cambios sociales, ambientales y tecnológicos mediante la incorporación de tecnologías avanzadas, la innovación en materiales y técnicas constructivas. Ante los desafíos actuales, la ingeniería civil ha buscado mantener su enfoque en la mejora de la calidad de vida, la sostenibilidad, la seguridad, la gestión del riesgo y la resiliencia.

Actualmente, nuestro país está teniendo un constante crecimiento poblacional, especialmente en el ámbito urbano. Esto genera problemas de crecimiento descontrolado, asentamientos irregulares, demanda de servicios públicos básicos, vivienda insuficiente y falta de acceso a hogares dignos, contaminación e impacto ambiental. Así mismo, esto pone a la población en una situación de vulnerabilidad ante riesgos naturales.

En términos de vivienda, la demanda actual en México es alta y sigue en crecimiento. De acuerdo con datos del INEGI y de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), el déficit

habitacional en México se estima en 9.2 millones de viviendas, calculando que entre 500,000 y 800,000 viviendas nuevas son necesarias cada año para satisfacer la demanda actual (CONAVI, 2022). También será necesario construir la infraestructura esencial para dotar de servicios básicos como agua potable, electricidad y saneamiento a estos nuevos desarrollos. La situación anterior genera un desafío adicional para la Ingeniería Civil pues dichos proyectos deben ser sostenibles.

Por estas razones, la necesidad de ingenieros civiles en México está en aumento por la demanda asociada al crecimiento poblacional mexicana. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) de 2024, la demanda de ingenieros civiles podría incrementarse en aproximadamente un 5% anual en los próximos años (CMIC, 2024). También, se prevé que la inversión pública generará más empleo en la construcción debido al Plan Nacional de Infraestructura. Por otro lado, la inversión privada representa alrededor del 70% del total de las inversiones en construcción y va en aumento, recuperándose tras la desaceleración provocada por la pandemia. Se observa una recuperación post pandemia en centros comerciales, oficinas, desarrollos turísticos, centros logísticos y almacenes, esto último debido al crecimiento del comercio electrónico. También, se observa un crecimiento en desarrollos residenciales y comerciales verticales, impulsado por la falta de espacio en las principales ciudades del país (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2024).

La industria de la construcción en México es un sector clave para la economía del país debido a su impacto directo en el crecimiento económico y la creación de empleos. Esta industria representa entre el 6% y el 8% del PIB nacional. En 2023 se posicionó en el sexto lugar de los 20 sectores más importantes de la economía mexicana pues genera 5.6 millones de empleos directos y 2.6 millones empleos indirectos; es decir, representa cerca del 10% del empleo total en el país.

Según proyecciones de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), se espera que el sector crezca entre 3% y 4% anual durante los próximos años, impulsado por el dinamismo en infraestructura y vivienda. Así mismo, hay nuevas oportunidades asociadas a la construcción de infraestructura tecnológica (torres de telecomunicaciones, centros de datos, fibra óptica, energías renovables), especialmente con el avance de la digitalización en México.

El programa de Ingeniería Civil en UPAEP se ha ido adaptando a las necesidades actuales de la industria con la introducción de nuevas tecnologías y metodologías de construcción (por ejemplo, BIM[‡]), y manejo de software especializado. También, la Escuela de Ingeniería Civil se ha preocupado por incluir temas de gran relevancia como la sostenibilidad, innovaciones en materiales, eficiencia energética, gestión de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia. Actualmente la Escuela se encuentra en expansión con la oferta de una maestría y especialidad en Ingeniería del Riesgo de las Construcciones.

En las siguientes secciones se presenta una visión global de la carrera de Ingeniería Civil en la UPAEP. Cada sección describe un área del conocimiento en Ingeniería Civil que se estudia y analiza en el transcurso de la carrera.

2 Las Tecnologías de Información en la Ingeniería Civil

La Ingeniería Civil, contrario a lo que algunas personas pueden pensar, es una de las áreas del conocimiento que mayor aplicación de tecnología requiere para dar respuesta a las demandas del mundo moderno. En la actualidad se desarrollan proyectos cada vez más complejos, impulsados por la innovación y las necesidades específicas de las comunidades y los entornos donde deben construirse. Por ejemplo, proyectos que deben combinar diversos aspectos como la estética, la

[‡] BIM: Por sus siglas en inglés Building Information Modeling

funcionalidad, la integración con el entorno, la sostenibilidad, la seguridad, la resiliencia, la normatividad vigente, así como la imperante necesidad de optimizar costos y tiempo.

La incorporación de tecnologías avanzadas en el quehacer diario de la Ingeniería Civil ha permitido una transformación significativa en la forma de desarrollar los proyectos de construcción. Con ello se mejora la eficiencia y precisión de los procesos de diseño, construcción, operación y mantenimiento. La tecnología puede estar presente a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde la conceptualización de una idea o identificación de una necesidad, pasando por el diseño, la planificación, y la construcción, hasta llegar a la operación y el mantenimiento.

Una de las principales tendencias que está transformando la manera en que se diseñan, construyen y gestionan los proyectos de construcción es la Metodología BIM, la cual facilita la coordinación entre los distintos equipos de trabajo, reduce errores y ayuda a cumplir con los plazos de tiempo establecidos (Autodesk, 2021). Cabe aclarar que BIM, más que una tecnología, es una metodología de trabajo que integra distintas tecnologías avanzadas y software de las diferentes especialidades involucradas en el proyecto. Con ello se promueve la interacción y coordinación entre los actores del mismo al implementar modelos digitales 3D detallados que integran toda la información relevante sobre materiales, procesos constructivos, costos, tiempos y especificaciones. El contar con esta visualización tridimensional permite un flujo de información más fluido, favoreciendo una colaboración más eficiente que minimiza los errores de diseño. Asimismo, facilita la identificación de posibles problemas y conflictos antes de que se presenten en el sitio de construcción, reduciendo sobrecostos y retrabajos. Además, posibilita una toma de decisiones más informada, mejorando el objetivo final que es la calidad del proyecto.

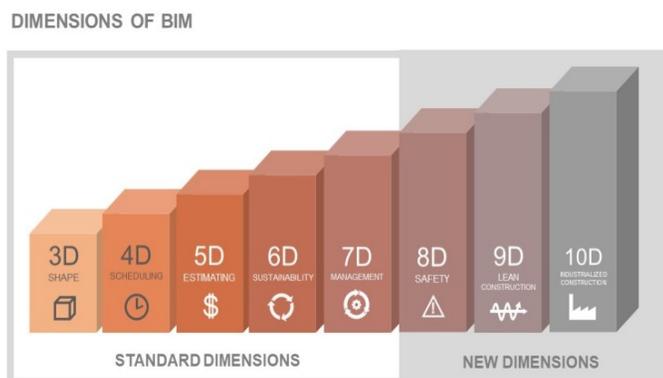


Fig 1. Dimensiones de BIM (<https://biblus.accasoftware.com>)

En la gestión de proyectos, BIM ha evolucionado hacia una integración más profunda de los componentes claves de los proyectos, generando un sistema de clasificación que se ha llamado Dimensiones BIM. Estas hacen referencia al tipo y a los detalles de la información del modelo digital del proyecto de construcción. Conforme progresa la etapa de diseño, aumenta la información necesaria; es decir, los datos geométricos 2D y 3D ya no son suficientes. Entonces se requieren niveles adicionales de información que enriquecen el modelo digital acorde a la dimensión especificada, se determina el tipo de información en el modelo y se anticipa la información será requerida por usuarios posteriores. Actualmente, por consenso mundial se reconocen siete Dimensiones BIM: 3D BIM (Modelo Tridimensional), 4D BIM (Tiempo), 5D BIM (Costos), 6D BIM (Sostenibilidad) y 7D BIM (Operación y Mantenimiento). También se reconocen otras tres dimensiones que aún están en etapa de consolidación: 8D BIM (Seguridad y Salud Ocupacional), 9D BIM (Lean Construction) y 10D BIM (Industrialización de los procesos de Construcción) (Biblus, 2024).

De la misma manera, en la gestión de proyectos de construcción es necesario el análisis de grandes volúmenes de datos que se generan durante las etapas de diseño y construcción, para poder tomar decisiones más informadas, anticipar posibles problemas en los proyectos y optimizar recursos. Para lograr esto, actualmente contamos con herramientas como la

Inteligencia Artificial (IA), Big Data y el Análisis Predictivo que nos ayudan en la optimización de los procedimientos de construcción, mejorando la eficiencia en el uso de materiales y en la gestión de los recursos humanos. Así mismo, estas nos permiten anticipar posibles fallos, retrasos o sobrecostos a partir de datos recabados a lo largo del proyecto. Gracias a estas herramientas, las empresas constructoras y despachos de consultoría pueden aprovechar los datos históricos para facilitar la planeación y diseño de nuevos proyectos, tomando decisiones más acertadas y mejorando la precisión y la eficiencia.

Otra tendencia importante es la integración de sensores inteligentes y dispositivos conectados a través del Internet de las Cosas (IoT) en la gestión y la supervisión de la obra. Con ello se puede monitorear en tiempo real el estado de los equipos, maquinaria y materiales, lo que permite la optimización de los recursos. Así mismo, estos sensores pueden proporcionar información del sitio de construcción, condiciones ambientales y el avance del proyecto, mejorando la seguridad, la eficiencia y la toma de decisiones. De manera similar, los sensores inteligentes se utilizan también en construcciones existentes para monitorear su salud estructural, con el fin de conocer en tiempo real su estado de seguridad y con ello establecer intervenciones tempranas para prevenir fallos y proteger la integridad de sus ocupantes.

Por otra parte, la Realidad Aumentada (AR) y la Realidad Virtual (VR) están emergiendo como tecnologías de apoyo en la visualización y diseño de proyectos. A través de la Realidad Aumentada es posible superponer los modelos 3D de los proyectos en el sitio real de la construcción, facilitando la toma de decisiones y detectar posibles interferencias y problemas antes de proceder con su ejecución. Por otro lado, la Realidad Virtual permite la simulación de los procesos de construcción proporcionando información adicional sobre materiales, estructuras

Artículo de ejemplo que muestra el estilo y formato de la revista *Strategy, Technology and Society*

y plazos directamente en la obra. También permite la capacitación del personal en ambientes simulados con la posibilidad de practicar procedimientos en un entorno seguro y controlado.

Considerando que nos encontramos en un entorno de creciente urbanización y demanda de infraestructuras más sostenibles, los conceptos de ciudades inteligentes, infraestructuras inteligentes y ciudades sostenibles surgen como tendencias y oportunidades en el corto plazo para la aplicación de nuevas tecnologías en la Ingeniería Civil (revistaconstruye, 2024). La integración de herramientas tecnológicas y metodologías, como las anteriormente mencionadas, harán posible la gestión más eficiente de los recursos de las ciudades, como la energía, el agua y los espacios, así como el objetivo primordial de mejorar la calidad de vida de los habitantes, construyendo ciudades más sostenibles, resilientes y conectadas.

La tecnología plantea beneficios, pero su adopción también conlleva desafíos en la Ingeniería Civil. En México, los principales desafíos que se han encontrado están asociados a los costos iniciales de implementación pues estas tecnologías requieren una inversión considerable en software, hardware y capacitación del personal. Otro desafío muy notorio en nuestro país es la resistencia al cambio por parte de los profesionales del sector al estar acostumbrados a procesos tradicionales. Así mismo, enfrentan el temor de complicaciones o la generación de dependencia tecnológica e inclusive el temor a perder sus puestos de trabajo. Adicionalmente, un desafío que surge desde la misma perspectiva tecnológica es la interoperabilidad entre sistemas, herramientas y plataformas tecnológicas, que puede generar problemas en el flujo de información y manejo de los datos. Estos desafíos pueden limitar la efectividad de las herramientas tecnológicas, así como generar retrasos en su adopción masiva.

3 Ingeniería Estructural

La sociedad necesita donde vivir, convivir, divertirse y atenderse. Los espacios dedicados a ello, después de haberse realizado un plan de desarrollo urbano, los diseñarán los arquitectos, pero los modelarán, analizarán, diseñarán y construirán los ingenieros civiles. Por ello, la parte previa a la construcción, el diseño estructural, es esencial. Ésta es importante por las implicaciones en conocimientos, habilidades y criterios con las que debe contar un ingeniero para diseñar estructuras seguras y óptimas. Sobra decir de las implicaciones éticas que tiene este proceso, de ahí que el diseño estructural sea un arte. Considerando lo anterior se puede observar que el diseño estructural es imprescindible y debe cumplir con una alta calidad profesional, además de que la actualización profesional se da por descontada.

Tal como en la vida ocurre, la formación profesional debe estar en constante actualización e innovando para asumir con total responsabilidad sus compromisos. Es innegable que el entorno científico y tecnológico afecta a la sociedad y a la academia con el fin de desarrollar ambientes de calidad y bienestar. Algunos aspectos que muestran las tendencias de la Ingeniería Estructural son:

Nuevos materiales. Los materiales tradicionales en la industria de la construcción siguen siendo la mampostería, los concretos reforzado y presforzado, y el acero estructural. Sin embargo, las propiedades mecánicas de los materiales van adquiriendo valores cada vez elevados debido a los avances tecnológicos. Para diseñar estructuras cada vez más sofisticadas se requieren materiales de alta resistencia. En el caso de la mampostería, las piezas siguen un proceso de fabricación riguroso para garantizar su calidad y resistencia.

Estructuras cada vez más complejas. El diseño estructural inicia con el modelado del esqueleto que dará sustento a las edificaciones. Éstas tienen como base proyectos arquitectónicos, los cuales son cada vez más complejos. Las longitudes entre apoyos, las alturas de los edificios, la curvatura del edificio en ciernes, se presentan cada vez con mayor regularidad.

Uso de software cada vez más sofisticado. Las grandes construcciones requieren de cálculos especializados (elemento finito, comportamiento no lineal, entre otros). La ingente información sólo puede ser tratada y almacenada por programas de computadora diseñados para ello. Además, el ingeniero usuario no sólo debe tener las habilidades para ingresar la información sino también los criterios bien sustentados para tomar decisiones acerca de la información que ofrece el software. Debe recordarse la máxima en computación: si errores entran, errores salen.

Uso de tecnología de vanguardia. Los avances de la ciencia y la investigación en diversos campos del conocimiento permiten tener mayor control sobre el comportamiento estructural de los edificios. En la actualidad ya es común monitorear el desempeño estructural de una edificación y de sus componentes, además de que se puede realizar a distancia. El uso de súper computadoras, de nuevos materiales, de sistemas automatizados, entre otros, impactan el diseño estructural. Como botón de muestra considere el uso de amortiguadores en el ámbito de la ingeniería sísmica.

Uso de la Inteligencia Artificial. Esta herramienta permite tener una amplia gama de soluciones en la ciencia, tecnología e ingeniería en tiempos muy cortos. La IA puede presentar soluciones de diseño estructural en edificaciones cuyo diseño arquitectónico es cada vez más retador pues está sustentado en conocimientos a nivel global con propuestas creativas, innovadoras y con teorías de punta. Pero no se olvide que sólo es una herramienta. Es obligación del ingeniero civil verificar propuestas de solución, evaluarlas y adaptarlas para su posible implementación.

Resiliencia. Los efectos dañinos del medio ambiente sobre las estructuras están cada vez más presentes. Llámense ciclones, huracanes, deslizamiento de tierra, inundaciones o sismos. El diseño estructural debe prever tales acciones sobre las nuevas construcciones. Sin embargo, ante la presencia de daños en estructuras antiguas, habrá que rehabilitar o reforzar éstas con un enfoque de diseño que considere ya las nuevas tendencias en la Ingeniería Civil.

Ética Profesional. Vivimos una vida agitada. Los tiempos vuelan y se agotan. Todo urge. Y ante tantas posibilidades es posible caer en la tentación de hacer las cosas con descuido. Recordemos que la construcción, diseñada estructuralmente por un ingeniero, será utilizada por personas; por ello no cabe la posibilidad de error. Es compromiso de los profesionales de la construcción conducirse con ética y responsabilidad social, basadas en sus conocimientos, habilidades y criterios bien sustentados. Las universidades deben ser las primeras promotoras de los ambientes propicios para la alta formación de ingenieros civiles. Por ello deben de dotar a los estudiantes de las herramientas imprescindibles para un excelente desempeño profesional. Todo es importante: los conocimientos, la práctica, las habilidades y una visión con enfoque innovador.

4 Ingeniería Ambiental y sustentabilidad

Conforme nos movemos hacia el futuro, el campo del conocimiento de la Ingeniería Civil evoluciona más allá de sus fronteras tradicionales, adaptando nuevas prácticas que aseguran cambiar la forma en que se diseña, se construye y se percibe al ambiente construido. De acuerdo al World Green Building Council, la industria de la construcción puede contribuir al desarrollo sostenible. Particularmente, la industria impacta en nueve objetivos: ODS 3 salud y bienestar, ODS 7 energía asequible y sostenible, ODS 8 trabajo decente y crecimiento económico, ODS 9 industria innovación e infraestructura, ODS 11 ciudades y comunidades sostenibles, ODS 12

producción y consumo responsable, ODS 13 acción por el clima, ODS 15 vida de ecosistemas terrestres; y ODS 17 alianzas para lograr los objetivos (World Green Building Council, 2022).

El diseño sostenible se enfoca en la minimización del impacto ambiental, el uso óptimo de recursos naturales y económicos. Por ello, la incorporación de recursos renovables o reciclados es necesaria para incrementar el bienestar de las personas. De igual forma es necesario contemplar la adaptación al cambio climático a través del incremento de la resiliencia de las estructuras (Loughlin, 2024).

La Ingeniería Civil tiene una fuerte relación con el medio ambiente pues lo moldea y transforma. La industria de la construcción, junto con las termoeléctricas y la industria del transporte, es responsable de la emisión del 37% de gases de efecto invernadero a nivel global (UNEP, 2023). Entonces, la Ingeniería Civil deberá resolver los siguientes problemas en el futuro: el crecimiento poblacional y la urbanización, acceso a servicios de salud, acceso continuo a una fuente segura de agua, acceso a una fuente moderna y sostenible de energía, adaptación al cambio climático, contaminación y depleción de recursos no renovables, flujo de materiales de construcción y el ambiente construido. A lo anterior también debe añadirse el envejecimiento global de la población. Cada desafío plantea un cambio en las consideraciones del diseño de infraestructura.

La adaptación al cambio climático incluye considerar variables como la ocurrencia de incendios forestales más frecuentes, periodos más largos de sequía, ondas de calor y un cambio en la frecuencia y la intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos. Dichas variables tendrán implicaciones en el diseño de las infraestructuras, la selección de materiales de construcción y en modificaciones a los reglamentos de construcción.

En un futuro se prevé el diseño de comunidades sostenibles que sean ciudades inteligentes, compactas, y que utilicen energía renovable. También, movilidad considerando sistemas de transporte sostenibles, con un manejo focalizado del tratamiento de aguas residuales y captación de agua de lluvia, al mismo tiempo que se construyen espacios resilientes, equitativos y asequibles. Pero, más que la construcción de espacios nuevos, el mayor reto será el darle mantenimiento y renovar la infraestructura y los espacios ya existentes para que sean más eficientes en términos energéticos. Existen varios ejemplos de renovación de íconos para convertirlos en espacios más sostenibles. Por ejemplo, la renovación que del Empire State, donde se instalaron sistemas eficientes de calefacción y aire acondicionado, iluminación LED y cambios de ventanas, para reducir en un 38% su consumo energético (The empire state building, 2024)

En la torre Eiffel se colocó iluminación LED, paneles solares, turbinas eólicas, un sistema de recolección de agua pluvial y bombas de calor con el objetivo de reducir su impacto ambiental en un 25% ((Société de la Tour Eiffel, 2024).

Para el cumplimiento de los requerimientos futuros, es visible la necesidad de establecer colaboraciones nuevas con otras áreas del conocimiento como la biotecnología (materiales de construcción autoreparables), la mecatrónica (integración de sensores y controles automáticos), el manejo de datos (minería de datos, big data), entre otras. Un ejemplo es el uso de tecnologías como el modelado de construcciones basado en información (BIM por sus siglas en inglés) para reducir la generación de residuos, la reducción del consumo de energía y materiales. BIM permite a los ingenieros civiles calcular de manera precisa los recursos que se utilizarán por un proyecto en la fase de construcción y de ocupación, comparar diferentes alternativas y tomar la

decisión más sostenible a partir del ciclo de vida de un proyecto (Yan Wong et al., 2024; Zand et al., 2021)

El diseño del ambiente construido se verá guiado por factores sociales, económicos y ambientales. Las soluciones que se den deberán adaptarse a nuevas condiciones y regulaciones, al igual que a las expectativas de las personas en cuanto a su elección de las características del espacio en el que viven y trabajan.

6 Ingeniería de Riesgos y Resiliencia en la Infraestructura

En la actualidad, la Ingeniería Civil se enfrenta a múltiples retos. Desde el enfoque de la Resiliencia Social, los ingenieros debemos garantizar la seguridad y resiliencia de las obras de infraestructura. En respuesta a estos desafíos, la UPAEP ha lanzado un posgrado enfocado en la Ingeniería de Riesgos de las Construcciones, que busca formar especialistas con un enfoque en la prevención y gestión de riesgos en obras civiles, utilizando tecnologías y metodologías actuales. El programa está alineado con la agenda 2030 de la ONU (Moran, 2023) y el Marco de Sendai (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2023), que buscan reducir el riesgo de desastres y fomentar la resiliencia en las sociedades. La necesidad de una capacitación constante para reducir los riesgos asociados a los fenómenos naturales es clave para evitar colapsos y minimizar los daños ante desastres pues hay bastantes costos económicos y sociales (Ismael 2025).

Por otro lado, todas las obras de infraestructura necesarias para nuestra vida diaria, desde las carreteras hasta los hospitales, pasan por las manos de los ingenieros civiles. No podríamos imaginar el desarrollo de la vida como la conocemos sin la Ingeniería Civil. Esta, como se sabe, abarca diversas fases, desde la planificación y diseño, hasta la ejecución y mantenimiento de las

obras. El primer paso para cualquier proyecto de infraestructura es la planeación. Luego, el diseño debe cumplir con requisitos técnicos rigurosos. Finalmente, la ejecución y el mantenimiento son cruciales para garantizar la durabilidad y seguridad de las construcciones.

Por otro lado, y ante la necesidad de atender el riesgo por sismos, en México tenemos la necesidad de construir estructuras sismorresistentes. Ello añade una variable importante en el diseño y construcción de la infraestructura

En el proceso del quehacer de la Ingeniería Civil es importante considerar un enfoque basado en la resiliencia de la infraestructura en diversos sectores. Desde las vialidades, carreteras y puentes hasta los hospitales y escuelas, todos estos elementos son fundamentales para el funcionamiento de la sociedad. Incluso en situaciones de emergencia, como sismos o huracanes, la infraestructura debe mantener su operatividad.

Una tendencia actual en el tema se asocia al uso de nuevas tecnologías y desarrollo de líneas de investigación, para la evaluación de la salud estructural de las construcciones, así como para estimar el nivel de riesgo de las construcciones y con ello establecer estrategias para su reducción (Ismael 2025). Para esto es importante invertir en recursos, tanto económicos como humanos, para el desarrollo de nuestras propias tecnologías necesarias para los sistemas de monitoreo sísmico y en la aplicación de técnicas adecuadas para asegurar la calidad de las obras.

En otros países es obligatorio el uso de sensores y tecnología avanzada para monitorear el estado de las estructuras y prevenir colapsos que puedan causar pérdidas humanas. La tecnología en esta área ha avanzado de manera rápida, por lo que se ha podido mejorar la calidad de los sensores utilizados en la ingeniería civil. Otro aspecto son los costos menores de estos sistemas, lo que ha permitido que técnicas avanzadas, antes reservadas para grandes infraestructuras, comiencen a aplicarse en edificaciones más pequeñas y de uso cotidiano.

Como retos adicionales debemos lograr una conexión efectiva entre la academia y la industria, así como generar una colaboración internacional y la transferencia de conocimientos para fortalecer la ingeniería civil en México.

7 Ingeniería Geotécnica

Una gran parte del territorio mexicano presenta una morfología de tipo montañosa y escarpada, originada por el movimiento de las placas tectónicas; otro aspecto característico son los sistemas orográficos (La Sierra Madre Oriental, La Sierra Madre Occidental, La Sierra Madre del Sur) y el Cinturón Volcánico Mexicano perteneciente al Cinturón de Fuego del Pacífico donde se ubica la zona volcánica más importante de México (Macías, 2005). El escenario anterior ofrece peculiaridades para el desarrollo de fenómenos geodinámicos incluyendo inestabilidad de laderas, sismos, vulcanismo, erosión de suelos, agrietamientos del terreno y licuación de suelos, entre otros (Cuanalo-Campos et al., 2024).

En las Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla han ocurrido desastres ocasionados por inestabilidad de laderas, siendo la lluvia uno de los principales factores detonantes de este fenómeno, aunque la actividad humana también ha jugado un rol importante en estos desastres (Cuanalo Campos et al., 2001). En estas regiones montañosas han ocurrido flujos de suelos, deslizamientos rotacionales y traslacionales, caídos y vuelco de rocas, así como movimientos complejos, provocando daños a las comunidades, lamentables pérdidas de vidas y significativas pérdidas económicas, con afectaciones en muchos sectores sociales incluyendo vivienda, educación, salud, agricultura y ganadería, infraestructura vial, comunicaciones, hidráulica, servicios públicos, etc. (Bitran y Reyes, 2000).

Recordemos el derrumbe de tierra y piedras ocurrido sobre la autopista Orizaba-Puebla a la altura de las Cumbres de Maltrata el día 26 de octubre de 2024. Este fue ocasionado por lluvias torrenciales que bloquearon por completo la circulación vehicular hacia el centro del país (Molina, 2025). Para dar solución a este problema, no solo se requiere retirar el gran volumen de material movilizado por el deslizamiento, sino también va a requerir el reforzamiento del talud expuesto utilizando procesos constructivos de estabilización (elementos de drenaje, elementos estructurales de refuerzo, muros de contención y protección superficial).

Con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de las comunidades expuestas y mitigar los riesgos originados por los deslizamientos de laderas, es la integración de los Códigos y Reglamentos de Construcción en estas regiones montañosas, un aspecto muy importante que representa un reto para la Ingeniería Geotécnica (ABC Geotechnical Consulting, 2025). La construcción en estas áreas debe cumplir con estudios geotécnicos y geológicos para asegurar que las edificaciones tengan un buen comportamiento desde el punto de vista estructural y de servicio (capacidad de carga y asentamientos de las cimentaciones).

Uno de los principales factores desencadenantes de estos fenómenos geodinámicos es la influencia de la actividad humana al realizar cortes o excavaciones sin elementos de estabilización, sobrecargas para la construcción de infraestructura, explotación de hidrocarburos o de bancos de material, vertido incontrolado de agua y deforestación. Por lo anterior, se recomienda fomentar la reforestación en estas regiones y reducir las actividades que alteren significativamente el terreno natural.

Una perspectiva actual del Área de Geotecnia de la Escuela de Ingeniería Civil de la UPAEP, dentro de la línea de Investigación denominada “Inestabilidad de Laderas en las Regiones Montañosas de Puebla”, es el desarrollo de un proyecto con una visión de sostenibilidad para

estas zonas, el cual está siendo apoyado por la Vicerrectoría de Investigación titulado: “Modelo de Código de Normas y Reglamentos de Construcción para los Municipios de las Regiones Montañosas de Puebla”. El contenido de este proyecto de investigación incluye capítulos relativos al Desarrollo Sostenible, aspectos geotécnicos y de integridad de las Edificaciones y Estructuras, Diseño y Construcción de Cimentaciones en los taludes de las laderas, Mapas de Susceptibilidad y de Riesgo, y Procesos Constructivos para estabilizar laderas, entre otros.

Finalmente podemos concluir que la educación y la conciencia en la sostenibilidad, que tome en cuenta factores sociales, económicos y ambientales, junto con una regulación adecuada, son aspectos claves para reducir el riesgo de desastre en las comunidades expuestas y vulnerables de estas regiones montañosas. Donde además existen grupos étnicos Nahuas, Totonacos, Otomís y Tepehuas, que construyen sus casas de lámina, cartón, madera y plástico; es decir, cualquier fenómeno natural representa un verdadero desastre. Así, el desarrollo sostenible en regiones montañosas presenta desafíos únicos debido a los diversos ecosistemas que existen, los climas variados y los entornos a menudo frágiles que se encuentran en estas zonas. Debemos entender que estas regiones requieren una gestión específica y responsable, especialmente en el contexto del cambio climático que incrementan la frecuencia e intensidad de eventos atmosféricos como las lluvias torrenciales, que representan amenazas y dan origen a desastres en estas regiones montañosas.

Conclusiones

En la actualidad, la Ingeniería Civil continúa siendo una profesión relevante para el desarrollo de la sociedad. Esta disciplina se mantiene en constante evolución, lo que le permite ser capaz de adaptar sus prácticas y enfoques a los desafíos contemporáneos de la sociedad. Esta adaptación

se hace posible a través de la integración de tecnologías avanzadas, nuevos materiales, metodologías innovadoras y un enfoque en la sostenibilidad. El quehacer de la Ingeniería Civil no solo busca satisfacer las necesidades constructivas, sino también garantizar la seguridad, resiliencia y sostenibilidad de sus proyectos.

A medida que México enfrenta retos significativos, como el crecimiento poblacional y los riesgos naturales, la formación de ingenieros civiles competentes se vuelve crucial. Los programas académicos, como los impulsados por la UPAEP, están alineados con estas necesidades, preparando a los futuros profesionales para que lideren con ética y responsabilidad social, con una visión al bien común.

La Ingeniería Civil tiene un futuro prometedor. Para ello es imperativo que tanto la academia como la industria trabajen en conjunto para fomentar la innovación y la sostenibilidad, asegurando que la Ingeniería Civil no solo responda a los retos actuales, sino que también contribuya de manera proactiva a la construcción de un futuro más seguro y equitativo para todos. La responsabilidad recae en manos de cada ingeniero, no solo como constructor de infraestructuras, sino como guardianes del bienestar de la sociedad y del entorno en que vivimos.

Referencias

- ABC GEOTECHNICAL CONSULTING. (2025). Empresa de Geotecnia Mexico- Puebla de Zaragoza – GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS. GEOTECNIA Y MECANICASUELOSABC.COM.
<https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/empresa-de-geotecnia-en-mexico-puebla-de-zaragoza/>
- AUTODESK. (2021, JANUARY 25). Ventajas de BIM | ¿Por qué usar BIM? | Autodesk.
Autodesk.com. <https://www.autodesk.com/mx/solutions/bim/benefits-of-bim>

BIBLUS. (2024, NOVEMBER 28). Las 10 dimensiones del BIM.

<https://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim/>

BITRÁN, D., & REYES, C. (2000). Evaluación del impacto económico de las inundaciones ocurridas en octubre de 1999 en el estado de Puebla. In *Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana durante 1999* (pp. 161–194). CENAPRED.

CMIC. (2024, FEBRUARY 1). Actividad Productiva del Sector de la Construcción .

https://www.cmic.org.mx/ceesco/Paginas/2024/Meses_Informe_Nacional_Construccion.htm

CONAVI. (2022). Déficit cualitativo de vivienda en México.

https://siesco.conavi.gob.mx/doc/analisis/2024/Metodologia_deficit_cualitativo_ENIGH_2022.pdf

CUANALO CAMPOS, O. AA., OLIVA GONZÁLEZ, A. O., & GALLARDO AMAYA, R. (2001). Inestabilidad de laderas Influencia de la ACTIVIDAD HUMANA. *Elementos*, 84, 39–46.

CUANALO-CAMPOS, O. A., AYALA-ARANDA, R., & LEIDY JOHANA QUINTERO-LEMUS. (2024). Diseño geotécnico y dinámico de la cimentación para una máquina laminadora de mármol en la ciudad de Puebla, México. *Revista Ingenio*, 21(1), 1–8.h

<https://doi.org/10.22463/2011642x.3588>

LOUGHLIN, B. (2024, FEBRUARY 29). What are the 7 principles of sustainable construction? Institute of Sustainability Studies.

<https://instituteofsustainabilitystudies.com/insights/lexicon/sustainable-construction-7-principles/>

- MACÍAS, J. L. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 57(3), 379–424.
<https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a6>
- MOLINA, I. (2025). OEM. Oem.com.mx. <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/derrumbe-en-cumbres-de-maltrata-carlos-arturo-luna-gomez-afirma-que-el-deslave-muestra-falta-de-infraestructura-carretera-de-veracruz-13445218>
- MORAN, M. (2023, JANUARY 23). La Agenda para el Desarrollo Sostenible. *Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda>
- OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. (2023, APRIL 4). ¿Qué es el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres? Undrr.org.
<https://www.undrr.org/es/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>
- REVISTA CONSTRUYE. (2024, DECEMBER 26). Ingeniería Civil: Tecnología Digital para Infraestructuras Inteligentes - *Revista Construye*. *Revista Construye*.
<https://revistaconstruye.com.mx/ingenieria-civil-tecnologia-digital-para-infraestructuras-inteligentes>
- SOCIÉTÉ DE LA TOUR EIFFEL. (2024, APRIL 8). Environmental footprint.
<https://societetoureiffel.com/en/esg-contribution/environmental-footprint/>
- THE EMPIRE STATE BUILDING. (2024, MAY 12). Energy Efficiency & Sustainability | Empire State Building. [Www.esbnyc.com. https://www.esbnyc.com/about/sustainability](https://www.esbnyc.com/about/sustainability)
- UNEP. (2023, SEPTEMBER 12). Building Materials And The Climate: Constructing A New Future. *UNEP - UN Environment Programme*. <https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future>

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. (2022, AUGUST 21). Home. World Green Building Council.

<https://worldgbc.org/>

YAN WONG, P., MAL, J., SANDAK, A., LUO, L., JIAN, J., & PRADHAN, N. (2024). Advances in microbial self-healing concrete: A critical review of mechanisms, developments, and future directions.

The Science of the Total Environment, 947, 174553–174553.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174553>

ZAND, M., AZIMI NASAB, M., PADMANABAN, S., & KHOOBANI, M. (2021). Big Data for SMART

Sensor and Intelligent Electronic Devices – Building Application. *CRC Press EBooks*, 11–

28. <https://doi.org/10.1201/9781003201069-2>