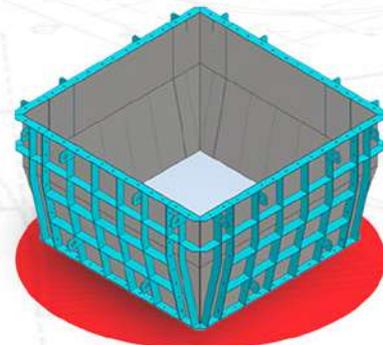
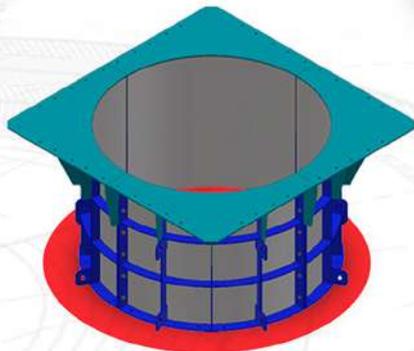
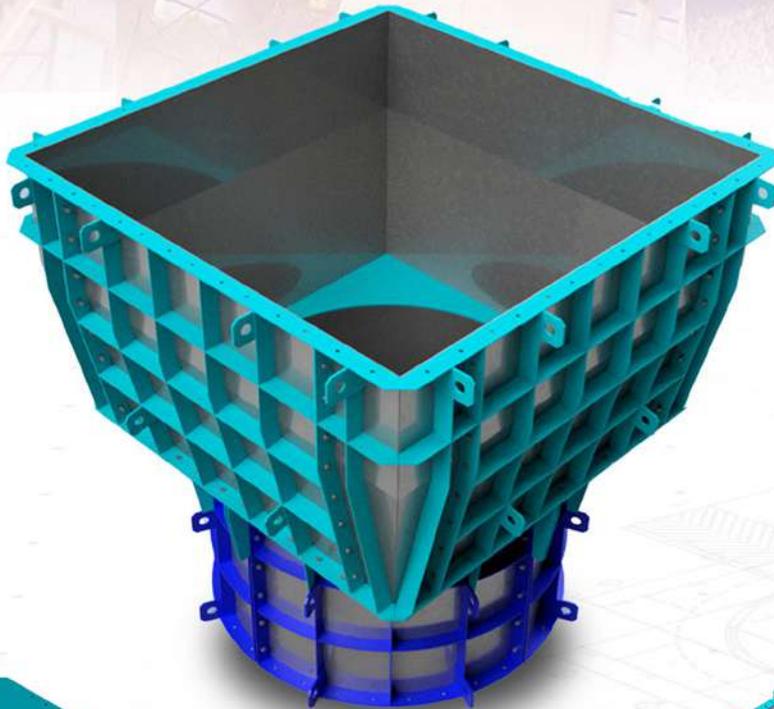
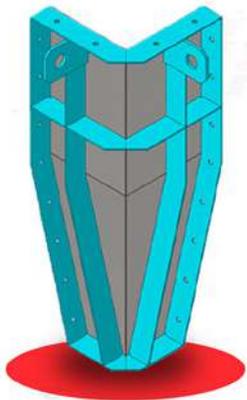


# Aplicación de inteligencia artificial en la gestión de carreteras



**andamios atlas**  
manufacturas metálicas

# INGENIERÍA SIN LÍMITES



[WWW.ANDAMIOSATLAS.COM](http://WWW.ANDAMIOSATLAS.COM) | 55 5093 5600

*Moldeando el futuro a  
tus necesidades*

# Espacio del lector

Este espacio está reservado para nuestros lectores. Para nosotros es muy importante conocer sus opiniones y sugerencias sobre el contenido de la revista. Para que pueda considerarse su publicación, el mensaje no debe exceder los 900 caracteres.

## sumario

Número 644, agosto de 2023



Acerca de la portada. Imagen superior: adaptado de mdpi.com •  
Imágenes inferiores: Dataset RDD2022

### 3 MENSAJE DEL PRESIDENTE

### 4 INFRAESTRUCTURA / MODERNIZACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO MÁS ANTIGUO DE MÉXICO / FRANCISCO X. VALDÉS SIMANCAS

### 10 PLANEACIÓN / SOSTENIBILIDAD, PLANEACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA INGENIERÍA CIVIL / JUAN JOSÉ OROZCO Y OROZCO

### 14 PREVENCIÓN / SEGURIDAD VIAL EN AVENIDA PASEO DE LA REFORMA MEDIANTE LA METODOLOGÍA IRAP / BLANCA MARGARITA VILLASEÑOR MARTÍNEZ Y COLS.

### 20 TEMA DE PORTADA: TECNOLOGÍA / APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN DE CARRETERAS / RICARDO ERAZO GARCÍA CANO



### 24 HISTORIA / GUSTAVO EIFFEL EN MÉXICO. A 100 AÑOS DE SU MUERTE / CARLOS A. HERRERA ANDA

### 28 TECNOLOGÍA / VISIÓN COMPUTACIONAL EN ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN / JUAN ALBERTO MONTER Y FABIÁN TORRES ROBLES

### 32 PLANEACIÓN / INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA Y SU CONTRIBUCIÓN A LA SEGURIDAD AGROALIMENTARIA / CÉSAR OCTAVIO RAMOS VALDÉS

### 36 ENERGÍA / PLANTA DE CARBONIZACIÓN DE LA CDMX / JESÚS ANTONIO ESTEVA MEDINA

### 40 CULTURA / LIBRO *EL PUENTE SOBRE EL RÍO KWAI* / PIERRE BOULLE



### AGENDA / CONGRESOS, CONFERENCIAS...



Órgano oficial del Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.

#### Dirección General

Ascensión Medina Nieves

#### Consejo Editorial del CICM

PRESIDENTE  
Jorge Serra Moreno

VICEPRESIDENTE  
Alejandro Vázquez López

CONSEJEROS

Enrique Baena Ordaz

Luis Fernando Castellón Terán

Esteban Figueroa Palacios

Carlos Alfonso Herrera Anda

Mauricio Jessurun Solomou

Manuel Jesús Mendoza López

Luis Montañez Cartaxo

Juan José Orozco y Orozco

Javier Ramírez Otero

Óscar Solís Yépez

Óscar Valle Molina

Alejandro Vázquez Vera

Miguel Ángel Vergara Sánchez

#### Dirección ejecutiva

Daniel N. Moser da Silva

#### Dirección editorial

Alicia Martínez Bravo

#### Coordinación de contenidos

Ángeles González Guerra

#### Diseño

Diego Meza Segura

#### Dirección comercial

Daniel N. Moser da Silva

#### Comercialización

Laura Torres Cobos

#### Difusión

Bruno Moser Martínez

#### Dirección operativa

Alicia Martínez Bravo

#### Realización

HELIOS comunicación

+52 (55) 29 76 12 22



Su opinión es importante,  
escríbanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

IC Ingeniería Civil, año LXXIII, número 644, agosto de 2023, es una publicación mensual editada por el Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C. Camino a Santa Teresa número 187, colonia Parques del Pedregal, alcaldía Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México. Tel. 5606-2323, [www.cicm.org.mx](http://www.cicm.org.mx), [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

Editor responsable: Ing. Ascensión Medina Nieves. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo número 04-2011-011313423800-102, ISSN: 0187-5132, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido número 15226, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Permiso Sepomex número PP09-0085. Impresa por: Ediciones de la Sierra Madre, S.A. de C.V., 8 de Septiembre 42-2, col. Daniel Garza, alcaldía Miguel Hidalgo, CP 11830, Ciudad de México. Este número se terminó de imprimir el 31 de julio de 2023, con un tiraje de 4,000 ejemplares.

Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión del Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.

Los textos publicados, no así los materiales gráficos, pueden reproducirse total o parcialmente siempre y cuando se cite la revista IC Ingeniería Civil como fuente.

Registro en el Padrón Nacional de Medios Certificados de la Secretaría de Gobernación.

Para todo asunto relacionado con la revista, dirigirse a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

Costo de recuperación \$60, números atrasados \$65. Suscripción anual \$625.

Los ingenieros civiles asociados al CICM la reciben en forma gratuita.



**35**

**ANIVERSARIO  
ICA FLUOR**

Dakota No. 95, Colonia Nápoles, C.P. 03810, CDMX, Teléfono 55 5061 7000



XXXIX CONSEJO DIRECTIVO

### **Presidente**

Jorge Serra Moreno

### **Vicepresidentes**

José Cruz Alférez Ortega

Felipe Ignacio Arreguín Cortés

Verónica Flores Déleon

Juan Guillermo García Zavala

Walter Iván Paniagua Zavala

Luis Francisco Robledo Cabello

Alejandro Vázquez López

José Arturo Zárate Martínez

### **Primer secretario propietario**

Luis Antonio Attias Bernárdez

### **Primera secretaria suplente**

Ana Bertha Haro Sánchez

### **Segundo secretario propietario**

Carlos Alfonso Herrera Anda

### **Segunda secretaria suplente**

Pisis M. Luna Lira

### **Tesorero**

Mario Olguín Azpeitia

### **Subtesorero**

Regino del Pozo Calvete

### **Consejeros**

Renato Berrón Ruiz

Juan Cuatecontzi Rodríguez

David Oswaldo Cruz Velasco

Luis Armando Díaz Infante Chapa

Luciano Roberto Fernández Sola

Juan Carlos García Salas

Celina González Jiménez

Mauricio Jessurun Solomou

Reyes Juárez del Ángel

Luis Enrique Montañez Cartaxo

Juan José Orozco y Orozco

Juan Carlos Santos Fernández

Óscar Solís Yépez

Guadalupe Monserrat Vázquez Gámez

Jesús Felipe Verdugo López

José Santiago Villanueva Martínez

# Edificaciones más seguras, confiables y resilientes

Las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México es un extraordinario trabajo para dar un paso hacia el futuro de edificaciones más seguras, confiables y resilientes para la Ciudad de México. Es un esfuerzo colaborativo sin precedentes que ha involucrado a funcionarios y dependencias, instituciones académicas, sociedades técnicas, investigadores, arquitectos y, por supuesto, al Colegio de Ingenieros Civiles de México, bajo el liderazgo del Instituto para la Seguridad de las Construcciones, la Secretaría de Obras y Servicios y en general por el Gobierno de la Ciudad de México.

La visión compartida que nos une en esta gran tarea es la de establecer los estándares para lograr edificaciones confiables, con seguridad estructural y cimentaciones resistentes aplicando el conocimiento pleno de los suelos y los efectos de los sismos.

Quiero destacar que, en este tema, la valoración permanente de las normas y reglamentos será esencial para mantener vigente este gran esfuerzo. La sociedad evoluciona, los avances científicos se multiplican y los retos cambian con el tiempo. Debemos asegurarnos de que nuestras propuestas estén siempre actualizadas, incorporando la experiencia de todos los sectores involucrados y lo último en conocimiento y tecnología.

No podemos subestimar la importancia de la actualización y la capacitación permanente. En el Colegio de Ingenieros Civiles de México y en nuestro Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica, el CAPIT, estamos comprometidos con el aprendizaje constante para los ingenieros civiles, arquitectos, profesionistas auxiliares de la administración, funcionarios y todos los actores de este sector.

La investigación y la innovación deben ser parte integral de nuestra cultura. Al compartir el conocimiento nos aseguramos de que este esfuerzo colectivo sea perdurable y trascienda las generaciones, forjando una herencia de seguridad y resiliencia para beneficio de nuestra ciudad.

Jorge Serra Moreno

*Presidente del XXXIX Consejo Directivo*

# Modernización del distrito de riego más antiguo de México

Desde hace 4,600 millones de años tenemos la misma cantidad de agua en el planeta. El 72% del agua de la Tierra y el 76% del agua de México se usan en la agricultura, que no solo es el usuario más grande de este vital líquido sino también el que más desperdicia. Habiendo la misma cantidad de agua y cada vez más personas, no hay ningún escenario en el que haya suficiente agua (y alimentos) si no inventamos una agricultura más eficiente. Estos han sido algunos de los retos y aprendizajes para la modernización del distrito de riego más antiguo de México, ejemplo también para el mundo.

FRANCISCO X.

**VALDÉS  
SIMANCAS**

Ingeniero mecánico con especialidad en Mecánica de fluidos no compresibles.

Desarrollador de tecnologías, cuenta con 28 patentes de soluciones para la sustentabilidad.

**El Distrito de Riego 001** Pabellón de Arteaga fue el primero de México. Se inició en 1926 y en 1931 fue puesto en operación. Se creó para regar 11,800 ha desde la presa Plutarco Elías Calles en Aguascalientes, pero nunca se ha regado dicha superficie. Antes de su modernización se regaban, en promedio, 3,594 hectáreas.

El acuífero 0101 Valle de Aguascalientes, donde se encuentra el distrito de riego, está en veda desde 1963 y ha sufrido una sobreexplotación que gradualmente se ha incrementado hasta los 230 Mm<sup>3</sup>/año, acumulando un déficit estimado en 6,000 Mm<sup>3</sup> en 60 años. Esto ha hecho que en la actualidad se perforen pozos de hasta 600 m de profundidad y que 72 de los 230 pozos de la capital no cumplan con los límites permisibles de arsénico y flúor.

Para reducir este déficit, en el año 2005 se convocó para elaborar la ingeniería y construcción de la primera etapa de un sistema de riego para 6,100 ha regables de 11,800 ha dominadas con 32.5 hm<sup>3</sup> de la presa Calles y una eficiencia mínima del 76% en beneficio de 2,439 usuarios y parcelas.

## Propuesta y retos autoimpuestos

La propuesta y el proceso de diseño incluyó ciertos retos.

*No usar bombeo.* La presa tiene una cota en el nivel de aguas mínimo (NAMINO) de 1,993.25 msnm y un nivel de aguas máximo (NAM) de 2,019.72 msnm. Considerando que hay parcelas en el distrito hasta en la cota 1,890 y que la línea principal se diseñó hasta para un flujo de 7 m<sup>3</sup>/s,

entubando desde la cortina la topografía regalaba una “bomba” de hasta 15,000 hp instantáneos de energía completamente verde que no se podía desperdiciar.

*Alta confiabilidad y riego a demanda.* Desde la conceptualización se previó que los productores tuvieran, primero, confiabilidad en el suministro de agua para no comprometer los futuros cultivos de alto valor, y segundo, adaptabilidad para diferentes tipos de cultivos que pudieran establecer y las horas de riego y fertilización. Para esto era necesario un sistema robusto y flexible.

*Lograr la mayor eficiencia de un distrito de riego de este tipo en el mundo.* La eficiencia global de riego reportada en México era del 32%, es decir, entre conducción, distribución y aplicación se perdían 68 de cada 100 litros de agua. Las dependencias solicitaban una eficiencia global de 76% considerando lo que se asumía como el máximo práctico de eficiencia. Sin embargo, se propuso un sistema con una eficiencia de conducción del 98%, aplicación del 95% y global de ~93%, utilizando exclusivamente fertirriego por goteo. Este era un reto enorme para productores de 2.5 ha, el 65% de los cuales eran mayores de 65 años y con hábitos muy arraigados.

*Cambiar la vida a los productores y poner una muestra para México y el mundo.* En el campo se encuentra la gente con mayores rezagos económicos del mundo. En este proyecto, la meta era hacer algo que fuera contundentemente exitoso en ahorro de agua, productividad y generación de riqueza para los productores: un ejemplo para otras áreas de alto estrés hídrico del país y el mundo.

### Soluciones

En el proceso de aprobación de las ingenierías y la ejecución del proyecto que se autorizó participaron la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; por Aguascalientes, las secretarías de Obras Públicas, Agricultura y Contraloría; y, por supuesto, la Asociación de Usuarios.

Para lograr la eficiencia en el uso del agua y la energía era inevitable entubar la totalidad de las conducciones, desde la presa hasta cada una de las parcelas, y utilizar únicamente riego por goteo. Esto implicó grandes retos técnicos y requirió soluciones innovadoras y difíciles de consensuar. Hubo temas cuya discusión duró meses, y cuando el grupo no llegaba a una conclusión se requirió la opinión/arbitraje de expertos del extranjero para resolver los *impasses* (véase figura 1).

### Tramo muerto

Saliendo de la cortina de la presa se encuentra una estrecha cañada de más de 100 m de alto y pendientes de hasta 80°. Tras evaluar todas las alternativas para colocar la tubería, la más conveniente y segura (por los frecuentes caídos de la escarpada cañada) fue instalarla enterrada bajo el cauce. Esta labor fue muy compleja, pero se hizo posible mediante la construcción de diques secos, lo cual se hizo a lo largo de más de 1.5 km (véase figura 2). A partir de ese punto hubo que salirse a la margen derecha, puesto que si se quería operar el sistema con la carga piezométrica de la presa no podía rebasarse en ningún momento la cota 1,960 msnm, y en la margen izquierda existían más de 20 casas construidas que lo impedían.

### Cruces subacuáticos

Al tomar la margen derecha debía cruzarse el cauce en dos puntos, y para no perder la carga debía hacerse por tubos. El primero de los cruces fue en la denominada Cañada del Brujo, de 150 m, y el segundo en la presa derivadora El Jocoque, de 300 m, con una profundidad cercana a los 50 m.

La opción convencional para esos cruces era construir puentes, pero esto significaba gastos de capital (capex) y operativos (opex) mucho más altos, además del impacto visual y en la navegación del vaso que esto implicaba. La alternativa innovadora propuesta fue usar polietileno de alta densidad (PEAD) con unos lastres de concreto; con el tubo vacío flotaban para su fácil manipulación sobre el trazo del cruce, y a medida que se llenaban, se sentaban sobre el lecho del cauce sin necesidad de hacer labores bajo el agua (véase figura 3). Esta solución fue polémica porque nunca se había implementado en México, y había poca experiencia en conducciones presurizadas submarinas en PEAD en el mundo, pero el diseño incorporaba todos los elementos para asegurar que funcionara, incluyendo cuatro válvulas reguladoras de presión de 32" para control de la presión en el PEAD y protección de la infraestructura hidráulica

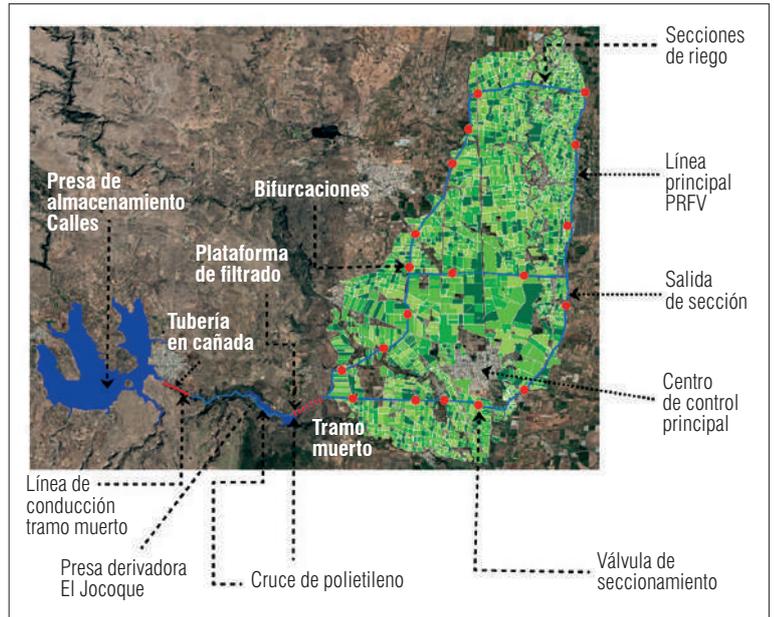


Figura 1. Plano general de presa, tramo muerto y distrito de riego.



Figura 2. Imagen de tramo de tubo en cañada y detalle de la excavación. A la derecha de la excavadora se ve el muro prácticamente vertical que bordeaba el angosto cauce. Tuvieron que hacerse pequeñas represas provisionales en pares entubando el agua de la represa aguas arriba hasta un punto después de la represa aguas abajo para que se pudiera excavar y enterrar el tubo sin que se inundara la zanja.

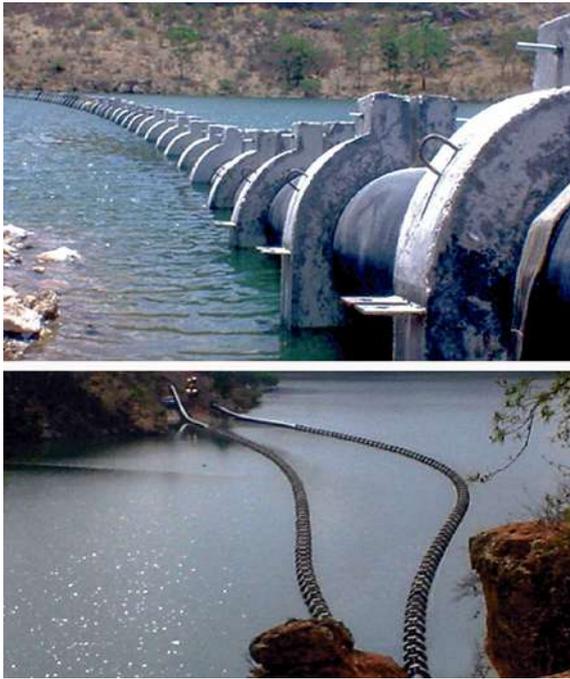


Figura 3. Colocación de cruces de polietileno.

aguas abajo, que opera únicamente cuando el nivel de la presa se encuentra arriba de la cota 2,010 msnm.

### Filtrado

El punto más polémico del proyecto fue, sin lugar a duda, el filtrado. Se propuso un filtro principal para retener todos los sólidos mayores de 80  $\mu\text{m}$ , acompañado de un filtro de seguridad de 100  $\mu\text{m}$  que estaría en cada parcela, el cual permite el paso libre del agua, y solo trabaja en caso de algún desperfecto en el sistema principal o de intrusión de sólidos aguas abajo. Esta dupla permitiría entregar a cada productor agua presurizada y apta para cualquier sistema de goteo.

Considerando que el agua proviene de presa, con flora y fauna acuática, además de algunos escurrimientos pluviales y residuales, tratados o crudos de poblaciones aguas arriba, era de esperarse que tuviera desde pequeños peces hasta alguna cantidad de carga orgánica. Se propuso media granular filtrante (MGF) para el filtrado primario y no se aceptó ningún otro tipo de sistema de mallas o discos, debido a que, según la experiencia, estos presentan problemas en la medida en que haya cargas orgánicas considerables en aguas superficiales. El filtrado de seguridad, dado que no trabaja de manera ordinaria, sí se propuso con discos. La propuesta no se aprobó hasta que un tercero de reconocido trayecto falló a favor de esta solución.

Para no contabilizar el agua de retrolavado de los filtros de MGF como pérdida, se forzó a que la plataforma de filtrado estuviera en el vaso de la presa derivadora El Jocoque, de manera que se aprovechara como gasto ecológico. Para este propósito, la plataforma se tuvo

que colocar en una losa que se coló soportándola en múltiples columnas sobre el vaso (véase figura 4).

### Presurizado en túnel

Otro escollo técnico a sortear para preservar la presión fue el de conducir el agua por un túnel construido hace un siglo, de aproximadamente 3 m de diámetro y 1.4 km de largo.

Se contemplaron varias opciones, y la finalmente escogida fue la de entubar dentro del túnel. Esto conllevó retos importantes, puesto que el tubo tendría que ir de forma aérea, y el sistema debía funcionar cuando el tubo estuviera conduciendo el agua por dentro para el riego presurizado, y por el túnel, fuera del tubo, cuando las parcelas se siguieran regando por gravedad mientras el riego tecnificado se concluía.

Se diseñó una silleta multipropósito colocada cada 6 m de distancia y cargada hacia uno de los lados del túnel, las cuales soportarían el tubo en su forma final pero también servirían para soportar unos rodillos que permitieran que el tubo fuera deslizado desde un extremo del túnel hasta su punto de colocación (véase figura 5).

### Diseño hidráulico

A la par de los retos constructivos se trabajó el diseño hidráulico. Este se forzó para que funcionara aun en el tiempo de mayor demanda del cultivo al flujo mínimo requerido de 3,840 l/s con un esquema de tandeo riguroso, y esto con la presa al NAMINO, es decir, 1,993.25 msnm (véase figura 6).

También, cuando se tuvieran niveles más altos de carga disponible en el vaso, se podría regar a demanda libre con hasta 7,000 l/s de flujo máximo. El inicio a las parcelas se encontraba en la cota 1,934 msnm, a más de 9 km de la cortina, y las parcelas más complicadas, por su altura de 1,930 msnm, estaban a más de 40 km tubo abajo



Figura 4. Plataforma de filtrado.



Figura 5. Entubado en el túnel.

de la presa. Es decir, se contaba con aproximadamente 60 mca (metros columna de agua) o  $\sim 6 \text{ kg/cm}^2$  para llegar a cada parcela y entregar  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  necesarios para el correcto funcionamiento del hidrante parcelario y el goteo, lo cual dejaba  $\sim 3.5 \text{ kg/cm}^2$  para la conducción, filtrado, seccionamiento y control de las tuberías del tramo muerto, principales y secundarias.

Por último, como resultado de que el distrito se diseñó tanto para cultivos básicos como para hortalizas de alto valor, el sistema tenía que ser muy confiable, resiliente y tolerante a fallas. Esto fue un reto mayor que demandó el análisis de muchas opciones y sus respectivos cálculos hechos con algoritmos propietarios. El resultado final fue una red de doble anillo con redundancia y múltiples puntos de seccionamiento para poder dar mantenimiento afectando al menor número de productores posible.

### Administración de riego de precisión

Aun con todo lo anterior resuelto, por eficiente que fuera el sistema, si se aplicaba una lámina del doble de lo que la planta requiere se reduciría un 50% la eficiencia global.

Si se aspiraba a tener eficiencias globales del 93%, esto significaba que debía haber eficiencia de conducción del 98% y eficiencia de aplicación del 95%. Para lograr esto se instalaron sistemas de medición volumétricos e instantáneos con monitoreo en tiempo real y redundancia en el tramo muerto, en las líneas principales y en las salidas a sección, y medidores volumétricos en cada una de las 2,439 parcelas que componían el distrito, de manera que las fugas fueran detectadas en tiempo real cuando las entradas y salidas totales de un tramo presentaban diferencias.

La parte que probaría ser más retadora sería la de mantener eficiencias de aplicación del 95%, lo cual requeriría cuatro condiciones:

1. La totalidad de las parcelas tendría que ser regada con riego por goteo.
2. El coeficiente de uniformidad de la cinta tendría que ser del orden del 98%.
3. Las láminas de riego tendrían que calcularse de manera personalizada y con una precisión sin precedentes en el 2005 para este tipo de proyectos. Para estos fines se desarrolló un *software* que calculaba para cada bloque de cada productor las láminas a aplicar utilizando información de suelo, planta, clima.
4. Considerando que se buscaría regar la mayor parte de las veces durante la noche y no había margen para el error humano, el riego debía ser aplicado de forma automática y por volumen, no por tiempo.

Para lograr lo anterior fue necesario el desarrollo de un *software* para realizar los cálculos y un dispositivo que los ejecutara, con el reto adicional de que menos del 10% de las parcelas contaban con energía eléctrica (véase figura 7).

### Hidrante parcelario inteligente

Este dispositivo obtuvo su patente en el año 2006, con patentes complementarias en 2012, 2014 y una última en 2023; los algoritmos y sistemas de comunicación y control se siguen mejorando de manera continua y hoy en día ha surgido una versión que no habría sido posible en 2005.

El hidrante parcelario inteligente (HPI) realiza la totalidad de las funciones de un sistema de riego por goteo,

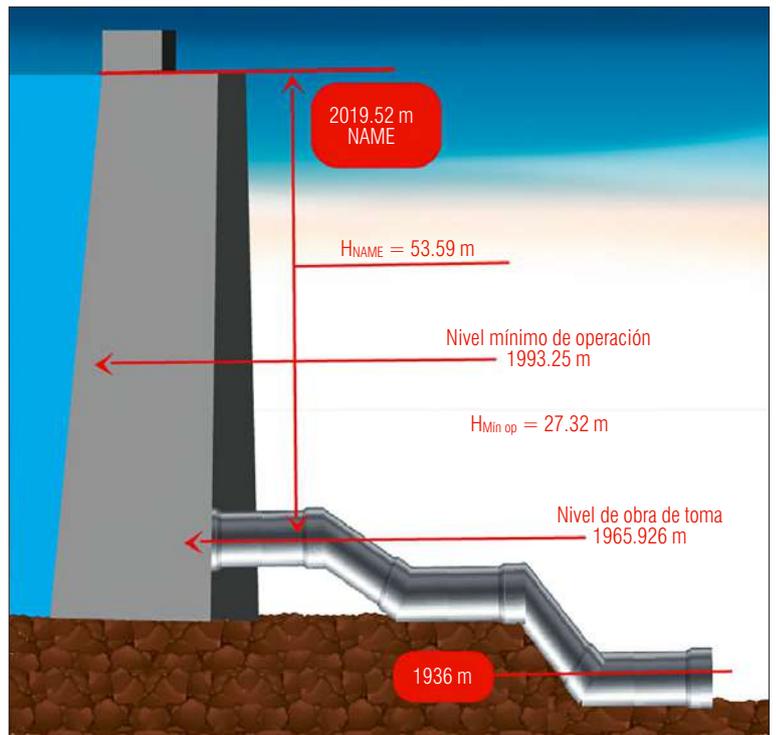


Figura 6. Cotas de funcionamiento de la presa y el distrito.



Figura 7. Hidrante parcelario inteligente.

► Como resultado de que el distrito se diseñó tanto para cultivos básicos como para hortalizas de alto valor, el sistema tenía que ser muy confiable, resiliente y tolerante a fallas. Esto fue un reto mayor que demandó el análisis de muchas opciones y sus respectivos cálculos hechos con algoritmos propietarios. El resultado final fue una red de doble anillo con redundancia y múltiples puntos de seccionamiento para poder dar mantenimiento afectando al menor número de productores posible.

con excepción de la conducción dentro de la parcela y la manguera de goteo. Funciona exclusivamente con la energía hidráulica del agua y un control propietario que hoy en día se comunica por un protocolo de radio tipo mesh de 900 MHz abastecido por unas baterías de litio recargables y un pequeño panel solar.

Es un gabinete de dos compartimientos, uno para los administradores y otro para el usuario, que está protegido de la intemperie y el vandalismo. Cuenta con válvula de mantenimiento para los administradores; permite la medición y control de flujo instantáneo y volumétrico bajo un esquema de prepago.

Posee también ventosas para admisión/expulsión de aire aguas arriba del hidrante; una válvula reguladora de presión para suprimir picos y sostenedora para mantener las líneas de alimentación llenas en casos de cortes para servicio.

Cuenta también con inyección de fertilizante tipo tobera Venturi, válvula de servicio para el usuario, filtro de seguridad de 100 µm, válvulas de apertura/cierre y regulación de presión para cada una de las secciones de riego y ventosas para admisión/expulsión de aire de la sección de riego.

El control trabaja en combinación con el software para dosificar en tiempo y cantidad el volumen preciso de agua y fertilizante que requiere el cultivo.

### Resultados

En su totalidad, existen 63.5 km de tubería de políéster reforzado de fibra de vidrio, polietileno de alta densidad y un poco de acero en líneas principales, así como 414 km de PVC en líneas secundarias. Adicionalmente, el distrito tendrá suficiente manguera o cinta de goteo para darle poco más de una vuelta al mundo (~50,000 km). Están operando 16 de las 19 secciones y se pretende terminar las tres últimas en este 2023.

No se utiliza bombeo ni energía suplementaria, se aplica fertilizante y riego con muy alta precisión y se tiene una eficiencia global de ~93%. Se utilizan en promedio 4,300 m<sup>3</sup>/ha de agua, cuando anteriormente se usaban 13,780 m<sup>3</sup>/ha. Además de la reducción en el uso de agua, la productividad por unidad de superficie de algunos cultivos, como el maíz, ha aumentado hasta en un 300%.

Los aumentos en productividad y eficiencia, aunados a la reconversión de granos por hortalizas de más valor, proyectan la productividad del distrito de 87 millones de pesos en el año 2005 a más de 3,000 millones una vez terminado, con la generación de hasta 12,000 empleos.

### Aprendizajes y recomendaciones

Un proyecto innovador encontrará una resistencia proporcional a lo disruptivo que sea el cambio. Es preciso atender las preocupaciones de terceros y analizarlas, pero si lo originalmente propuesto se sostiene, también hay que tener la convicción y firmeza para defenderlo e implementarlo correctamente. Finalmente, quienes emprendan el tortuoso camino de ser agentes de cambio deben tener presentes algunas ideas:

- Si algo no se ha hecho antes, no significa que no se puede hacer.
- La ingeniería no debe circunscribirse a calcular sistemas con base en modelos y fórmulas preestablecidas; como sus raíces etimológicas lo dicen, deben ingeniarse nuevas y mejores formas de hacer las cosas cuando las existentes no son suficientes.
- La solución del agua para México y el mundo empieza y termina en la agricultura. Empieza con un uso eficiente del usuario más grande y con más oportunidad de mejora, recuperación responsable de aguas residuales y su reúso estratégico en el riego agrícola.
- El agua más económica, más verde, más sustentable y más socialmente justa es la que se puede liberar ayudando a los agricultores.
- No debemos resolver nuestro presente a través de dilapidar el futuro. Cualquier solución no basada en la sustentabilidad es un robo a las siguientes generaciones

¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escríbanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

# Sistema para Planta de Carbonización Hidrotermal

PPG A27

Interior

SIGMAFAST™ 278  
/ SIGMADUR™ 550

Exterior

EFM-104/105

Pisos

AMERLOCK® 2/400

Primario

PPG PSX® 700

Acabado



[www.ppgmc.com](http://www.ppgmc.com)  
[solucionesindustriales@ppg.com](mailto:solucionesindustriales@ppg.com)



# Sostenibilidad, planeación y mantenimiento en la ingeniería civil

El proceso de desarrollo continuo de cualquier nación se basa necesariamente en su infraestructura, la cual es diseñada, construida, operada y conservada con la participación de los ingenieros civiles. Para que dicho desarrollo logre ser sostenible, debe atender las necesidades tanto económicas como socioambientales.

JUAN JOSÉ  
OROZCO Y  
OROZCO  
Director general  
del 32 CNIC.

**La infraestructura** es el esqueleto que conecta y sostiene a las sociedades modernas; proporciona la base sobre la cual puedan prosperar la economía, el bienestar social y la calidad de vida. Sin embargo, en un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales y sociales, la creación y gestión de infraestructura debe considerar no solo la funcionalidad a corto plazo, sino también su impacto en el mediano y largo plazo. En este contexto, la sostenibilidad se convierte en un principio rector, y la relación entre sostenibilidad, planeación y mantenimiento emerge como un elemento esencial en la ingeniería civil y la construcción de infraestructura.

## La sostenibilidad como pilar fundamental para el desarrollo responsable

La sostenibilidad se ha convertido en un término omnipresente en el discurso contemporáneo sobre infraestructura y desarrollo. En el marco de la ingeniería civil, la sostenibilidad implica crear y mantener estructuras y sistemas que satisfagan las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias. Esto significa que las decisiones tomadas en la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura deben considerar tanto los aspectos económicos y técnicos como los impactos ambientales y sociales.

La sostenibilidad para el desarrollo de un país requiere una visión integral que reconozca la interdependencia del bienestar humano, la prosperidad económica y el equilibrio ambiental. Implica la adopción de enfoques holísticos en la toma de decisiones políticas, económicas y sociales.

Esta idea se basa en varios principios clave:

- a. **Economía sostenible:** consiste en buscar una economía equilibrada que promueva la inversión en industrias y tecnologías verdes, fomente la innovación

y la eficiencia, y genere empleo de calidad. Se busca un desarrollo económico que no agote los recursos naturales de manera indiscriminada, sino que los utilice responsablemente y los regenere siempre que sea posible.

- b. **Equidad y justicia social:** la sostenibilidad implica asegurarse de que todos los ciudadanos tengan acceso a oportunidades y servicios básicos, como educación, atención médica, vivienda, seguridad pública y empleo. Se busca reducir las desigualdades sociales y económicas para lograr una sociedad más equitativa y cohesionada.
- c. **Cuidado y conservación del ambiente:** la sostenibilidad pone un fuerte énfasis en la conservación y restauración del entorno ambiental. Se fomenta la protección de los ecosistemas, la biodiversidad y la gestión responsable de los recursos naturales, con el fin de evitar la degradación ambiental y asegurar la disponibilidad de recursos para las futuras generaciones.
- d. **Gobernanza transparente y participativa:** un enfoque sostenible implica la participación activa de la población en la toma de decisiones y en la elaboración de políticas públicas claras. La transparencia en la gestión gubernamental y la colaboración entre los sectores público y privado y la sociedad civil son esenciales para lograr un enfoque integrado y efectivo hacia la sostenibilidad.
- e. **Educación y conciencia:** la educación desempeña un papel fundamental en la generación de una cultura de sostenibilidad. Los ciudadanos necesitan comprender los conceptos de sostenibilidad, los desafíos ambientales y sociales, así como las formas en que sus acciones individuales y colectivas pueden afectar negativamente o bien contribuir a un futuro más sostenible.

- f. Innovación y tecnología: la sostenibilidad impulsa la investigación y la adopción de tecnologías limpias y renovables, así como soluciones innovadoras para abordar los problemas ambientales y sociales. La innovación sostenible puede catalizar el crecimiento económico mientras se reduce el impacto ambiental.
- g. Planeación a largo plazo: los objetivos sostenibles requieren una planeación con visión de largo plazo que trascienda los ciclos políticos y económicos. Esto implica políticas y estrategias de gran visión que permitan abordar, de manera efectiva y constante, desafíos como el cambio climático, la escasez de recursos y la degradación ambiental.

La sostenibilidad como pilar de un país no solo persigue el éxito a corto plazo, sino que también busca asegurar un futuro próspero y equitativo para las generaciones futuras. Requiere la colaboración de todos los sectores de la sociedad y la voluntad política para tomar decisiones difíciles, pero necesarias, en beneficio del bienestar de las personas y del planeta.

### La planeación como catalizador de la sostenibilidad

La planeación efectiva es el primer paso hacia la creación de una infraestructura sostenible. La planeación debe considerar una variedad de factores, desde las características geográficas y climáticas hasta las necesidades sociales y económicas de una región. La consideración cuidadosa de estos factores puede llevar a la elección de diseños más eficientes y respetuosos con el entorno, que impliquen un menor uso de recursos naturales o materiales nuevos con el fin de reducir los impactos ambientales negativos y maximizar los beneficios a largo plazo.

Además, la planeación también implica la evaluación de diferentes opciones de proyectos, incluyendo su viabilidad económica y su potencial para fomentar la resiliencia de la comunidad ante desafíos como el cambio climático. La inversión en infraestructura sostenible no solo genera empleos y mejora la calidad de vida, sino que también puede contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático al fomentar la adopción de prácticas más limpias y eficientes.

### La conservación y mantenimiento como elemento fundamental de la sostenibilidad

El mantenimiento efectivo es un eslabón esencial en la cadena de sostenibilidad de la infraestructura. Una construcción bien planeada, diseñada y ejecutada no garantiza automáticamente su sostenibilidad a largo plazo. La infraestructura necesita ser monitoreada y cuidada a lo largo de su vida útil para prolongarla lo más posible, así como mantener su rendimiento y funcionalidad.

El mantenimiento preventivo ayuda a aprovechar de mejor manera la infraestructura; con él se prolonga su periodo de servicio y se evita la degradación prematura. Este enfoque preventivo reduce los costosos reemplazos

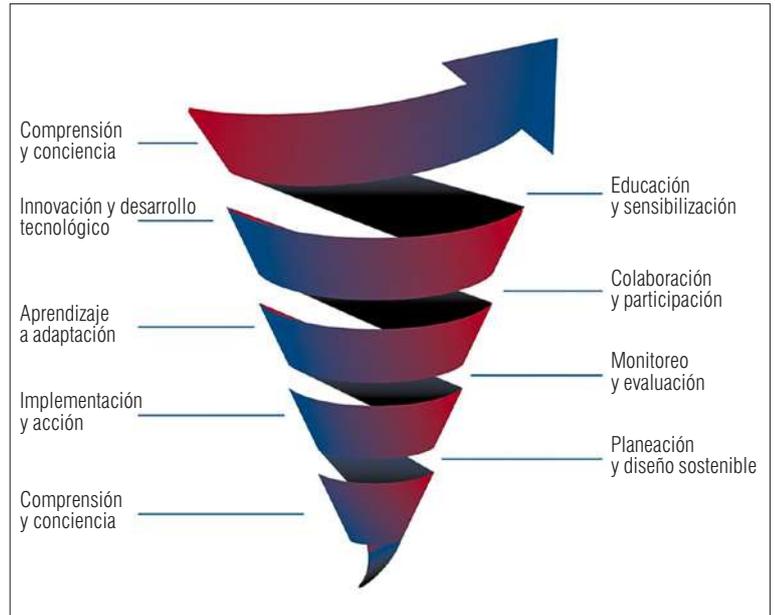


Figura 1. Espiral del desarrollo sostenible.

► El mantenimiento preventivo ayuda a aprovechar de mejor manera la infraestructura; con él se prolonga su periodo de servicio y se evita la degradación prematura. El enfoque en la conservación de la infraestructura también es esencial para evitar la pérdida de valor de los activos a lo largo del tiempo. Mantener la infraestructura en buenas condiciones garantiza que continúe brindando beneficios económicos, sociales y ambientales a lo largo de las generaciones, evitando la necesidad de una reconstrucción costosa y energéticamente intensiva.

o reconstrucciones y mejora el nivel de servicio y la seguridad de los usuarios, además de minimizar la utilización de materiales de primer uso.

El enfoque en la conservación de la infraestructura también es esencial para evitar la pérdida de valor de los activos a lo largo del tiempo. Mantener la infraestructura en buenas condiciones garantiza que continúe brindando beneficios económicos, sociales y ambientales a lo largo de las generaciones, evitando la necesidad de una reconstrucción costosa y energéticamente intensiva.

### La espiral completa del desarrollo sostenible

La relación entre sostenibilidad, planeación y mantenimiento en la ingeniería civil y la construcción de infraestructuras es un ciclo interconectado. Debe comenzar con una planeación cuidadosa que considere aspectos sociales, económicos y ambientales, lo que lleva a la creación de infraestructura diseñada para resistir mejor el desgaste y el paso del tiempo y minimizar su impacto. Sin embargo, el ciclo no se detiene en la construcción, sino

que continúa con un mantenimiento constante y proactivo para asegurar la longevidad y la sostenibilidad continua.

En última instancia, esta interrelación es esencial para garantizar que la infraestructura no solo sea funcional y eficiente, sino también respetuosa con el entorno y capaz de satisfacer las necesidades cambiantes de las generaciones presentes y futuras. La ingeniería civil del siglo XXI no solo se trata de construir estructuras sólidas, sino de generar un entorno de sostenibilidad que conecte y fortalezca nuestra sociedad en el tiempo.

La espiral completa del desarrollo sostenible es un concepto que representa un enfoque cíclico y continuo hacia la creación de un equilibrio armonioso entre aspectos económicos, sociales y ambientales (véase figura 1). Esta espiral consta de varios elementos o etapas interconectadas que trabajan en conjunto para lograr su objetivo, como son:

- a. **Comprensión y conciencia:** el proceso comienza con la comprensión de los desafíos y problemas relacionados con la sostenibilidad, como el agotamiento de recursos naturales, la degradación del medio ambiente y la desigualdad social. La conciencia sobre la importancia de abordar estos problemas es esencial para iniciar el cambio. En esta fase se detecta una necesidad que requiere el desarrollo de una acción u obra de infraestructura.
- b. **Planeación y diseño sostenible:** en esta etapa se desarrollan estrategias, planes y proyectos que consideran tanto los aspectos económicos como los sociales y ambientales para resolver el problema o la necesidad que se ha detectado. Se evalúan distintas opciones para evitar o minimizar impactos negativos a largo plazo y maximizar los beneficios para todas las partes interesadas.
- c. **Implementación y acción:** la planeación se traduce en acciones concretas. Aquí es donde se materializan proyectos, políticas y medidas que promueven la sostenibilidad. Esto puede incluir obras de infraestructura, la adopción de tecnologías más limpias, la promoción de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la implementación de prácticas comerciales responsables.
- d. **Monitoreo y evaluación:** es crucial evaluar el impacto de las acciones tomadas o las obras ejecutadas. Esto implica analizar cómo han afectado los cambios a largo plazo, tanto en términos de mejoras como de posibles efectos secundarios no deseados. El monitoreo constante permite ajustes y mejoras en el proceso.
- e. **Aprendizaje y adaptación:** a partir de la evaluación, se aprenden lecciones valiosas sobre lo que sí funciona y lo que no. Este aprendizaje guía futuras decisiones, acciones u obras, y promueve una adaptación constante y la capacidad de mejora continua.
- f. **Colaboración y participación:** la sostenibilidad es un esfuerzo colectivo. La colaboración entre gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y

► La relación entre sostenibilidad, planeación y mantenimiento en la ingeniería civil y la construcción de infraestructuras es un ciclo interconectado. Debe comenzar con una planeación cuidadosa que considere aspectos sociales, económicos y ambientales, lo que lleva a la creación de infraestructura diseñada para resistir mejor el desgaste y el paso del tiempo y minimizar su impacto. Sin embargo, el ciclo no se detiene en la construcción, sino que continúa con un mantenimiento constante y proactivo para asegurar la longevidad y la sostenibilidad continua.

la sociedad en general es esencial para abordar desafíos complejos y encontrar soluciones efectivas.

- g. **Innovación y desarrollo tecnológico:** la búsqueda de soluciones más sostenibles conduce a la innovación y al desarrollo de nuevas tecnologías. Estas innovaciones pueden impulsar la eficiencia, reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida.
- h. **Educación y sensibilización:** la educación desempeña un papel fundamental en la promoción de la sostenibilidad. A medida que la sociedad se vuelve más consciente de los problemas y las soluciones, se genera un impulso para el cambio positivo.

Esta espiral es cíclica y progresiva, porque una vez que se llega al punto de la “educación y sensibilización”, el ciclo vuelve a comenzar con una mayor “comprensión y conciencia”, lo que lleva a una planeación y acción más informadas y efectivas, etc. Cada vuelta de la espiral representa un paso hacia adelante en la dirección de un desarrollo sostenible más completo y equilibrado.

## Conclusiones

El ingeniero civil tiene y debe seguir teniendo un papel preponderante en los procesos de planeación y mantenimiento de la infraestructura de un país, los cuales deben partir de una visión que los lleve a la sostenibilidad en el sentido más amplio.

Es necesario seguir creando conciencia entre la sociedad sobre la importancia de la sostenibilidad en todos los aspectos de la vida. Este debe ser un esfuerzo continuo y coordinado entre el Estado, instituciones educativas, empresas, asociaciones civiles y la sociedad en general.

En conclusión, la sostenibilidad basada en una planeación sólida y un mantenimiento adecuado son los cimientos sobre los cuales se puede construir un futuro más próspero y equitativo para las generaciones venideras. La responsabilidad está en nuestras manos, y es deber de todos asegurar que el desarrollo continúe en armonía con el planeta y sus recursos, para forjar así un camino sostenible hacia un mejor mañana. 

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)



## SERVICIO DE GRÚAS INDUSTRIALES

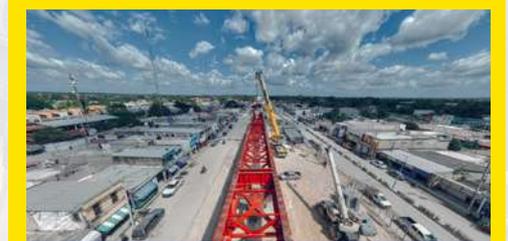
Equipos con capacidades desde 12 hasta 3,000 toneladas

## EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Ingeniería, asesoría, maquinaria y mano de obra especializada para la construcción de proyectos.

## ALIANZAS COMERCIALES

Servicios de transporte especializado y proyectos offshore ejecutados por nuestros socios comerciales: **PESADO TRANSPORT** y **ESEASA OFFSHORE**.



# Seguridad vial en avenida Paseo de la Reforma mediante la metodología iRAP

La movilidad es una necesidad para el desarrollo de la sociedad. De ella, el usuario obtiene innumerables ventajas. Sin embargo, no todo es positivo: ese mismo usuario se puede convertir en víctima de un accidente. Existen metodologías para evaluar, mejorar y adaptar la infraestructura vial para mitigar los riesgos mediante una serie de estrategias. En este artículo se presenta la aplicación del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras en la avenida Paseo de la Reforma de la Ciudad de México para obtener mapas de riesgo que ilustran la distribución de sitios en los que existe mayor probabilidad de siniestros. Tenemos que medir sistemáticamente para poder mejorar.

BLANCA MARGARITA VILLASEÑOR MARTÍNEZ

Ingeniera civil certificada en iRAP. Ingeniera de proyectos en la empresa Proyecto Civil Integral (PCI).

IVÁN LUGO OLMOS

Ingeniero civil con maestría en Mecánica de Suelos. Perito profesional en Geotecnia y Vías Terrestres. Director general de la empresa PCI.

PAUL GARNICA ANGUAS

Ingeniero civil con doctorado en Geomecánica. Director general del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo en Infraestructura y Seguridad Vial.

**Los traumatismos causados** por hechos viales en el mundo se han convertido en un problema creciente de salud pública en el mundo que demanda una atención inmediata. Cada año se registran 1.35 millones de muertes; es el primer motivo de muerte en niños de 5 a 14 años y en jóvenes de 15 a 29 años de edad, y muchos de ellos sufren discapacidades permanentes. Se ha registrado que en los países de ingresos bajos y medianos que tienen menos de la mitad de los vehículos del mundo se producen más del 91% de las muertes relacionadas con accidentes de tránsito, según estimaciones hechas a partir de datos proporcionados por cada país (WHO, 2018).

Algunas cifras sobre hechos viales en el mundo:

- Las lesiones por accidentes de tránsito son la octava causa de muerte.
- El 54% de los fallecidos son usuarios vulnerables: 3% ciclistas, 28% motociclistas y 23% peatones.
- El 62% de las muertes en hechos viales se producen en 10 países, que en orden descendente son: India, China, Estados Unidos, Rusia, Brasil, Irán, México, Indonesia, Sudáfrica y Egipto (datos de fallecidos en números absolutos, según la WHO).
- México ocupa el séptimo lugar con más muertes por accidentes de tránsito en el mundo y el tercero de América (WHO, 2018).

La seguridad de los usuarios que circulan por una vialidad se encuentra ligada principalmente a tres fac-

tores: a) los dispositivos de seguridad con que cuentan los vehículos; b) la actitud de los conductores y c) las características del diseño vial, así como la suficiencia de los dispositivos de seguridad en ella.

La ingeniería de la seguridad vial pretende mejorar y cambiar la infraestructura para mitigar los riesgos mediante una serie de estrategias. Cabe mencionar que con la mejoría de la infraestructura no se eliminará el número de accidentes por completo, pero sí se logrará disminuir la severidad de estos. También se logra un mejor nivel de servicio y se obtiene una mejor armonía entre las personas que comparten día a día la vía pública.

El iRAP (International Road Assessment Programme) plantea la posibilidad de realizar una evaluación de la seguridad que tienen los usuarios dentro de las redes viales, para establecer medidas que reduzcan el gran número de muertos y heridos graves que actualmente se está presentando.

En lo que sigue se da cuenta de la aplicación de la metodología iRAP en la avenida Paseo de la Reforma, con la finalidad de definir la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, con la identificación de los elementos de riesgo que tienen un impacto en la probabilidad de accidentes y su severidad, así como la ubicación de las zonas de peligro para cada tipo de usuario. Se proponen mejoras a la avenida a fin de ofrecer una vía más segura. El objetivo es sensibilizar sobre los beneficios que se pueden obtener utilizando

la herramienta iRAP para mejorar la seguridad vial en cualquier tipo de vía.

### Metodología de estudio

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras consiste en calificar con estrellas, de 1 a 5, el nivel de seguridad de algún tramo vial; con cinco estrellas se clasifica una vía muy segura, y con una estrella, una vía con seguridad deficiente, donde cabe la posibilidad de que existan hechos viales con mayor frecuencia (iRAP, 2022).

La clasificación por estrellas incluye a cada uno de los usuarios de las vías: peatones, ciclistas, motociclistas y ocupantes de vehículos. Cada clasificación se presenta con un color diferente para facilitar su identificación (véase figura 1).

La clasificación por estrellas es una medida simple y objetiva del nivel de seguridad que proporciona el diseño de la vía; se registran los atributos cada 100 metros para evaluar el riesgo de la carretera. Estos datos de codificación se combinan con otros datos complementarios y se cargan en el *software* ViDA para producir clasificaciones por estrellas para cada tipo de usuario.

El estudio se realizó en el tramo comprendido entre la Fuente de Petróleos y la avenida Hidalgo, debido a que en esta zona existe mayor concentración de oficinas públicas y privadas, conjuntos habitacionales, elevada actividad económica, y turística, entre otras, lo que genera diariamente un elevado volumen de usuarios: ocupantes de vehículos particulares y del transporte público, motociclistas, ciclistas, conductores de monopatín y peatones.

Para la inspección de la vía se recabaron imágenes continuas utilizando un vehículo equipado que obtiene una vista panorámica de la vía al tomar fotografías frontales, laterales de izquierda y de derecha cada 10 metros; el vehículo también cuenta con GPS que permite georreferenciar las fotos con la ubicación real (véase figura 2).

### Codificación de la vía

Una vez hecho el levantamiento mediante fotografías, personal capacitado realizó una inspección a detalle de todos los elementos que constituyen la infraestructura; estos atributos de la vía se registraron para generar un archivo de entrada al software.

A continuación se presenta la evaluación de la avenida Paseo de la Reforma cada 100 metros de longitud; contiene la clasificación por estrellas para cada tipo de usuario (iRAP, s.f.). Cada atributo de la vía se registró de acuerdo con la condición en la que se halla: buena, regular o mala, o si se encuentran presentes o no los elementos de seguridad.

La calificación antes descrita se basa en las prácticas actuales y las diferentes categorías que establece el iRAP. El material de apoyo para la calificación son las imágenes georreferenciadas que se obtuvieron en el levantamiento cada 10 metros, en las cuales se buscaron los elementos más desfavorables del tramo y se cargaron en el *software* ViDA del iRAP, donde se generó

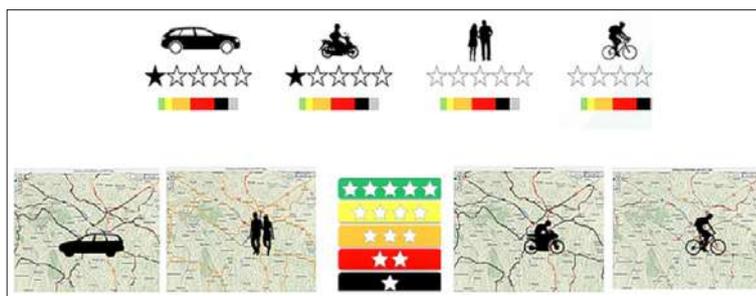


Figura 1. Clasificación por estrellas por tipo de usuario.



Figura 2. Vehículo certificado por iRAP para levantamiento de imágenes georreferenciadas

la clasificación por estrellas; en la figura 3 se muestran los trabajos de codificación en gabinete.

### Carriles centrales

En la tabla 1 se indican los porcentajes de la clasificación por estrellas de la vía Paseo de la Reforma carriles centrales; se utilizó la velocidad máxima de 50 km/h, que es igual a la velocidad máxima permitida.

La clasificación de tres estrellas indica un nivel de seguridad aceptable para cada tipo de usuario. En la tabla 2 se presentan los porcentajes agrupados por objetivos de seguridad. Se puede observar que donde existe mayor riesgo (entre una y dos estrellas) presenta la siguiente distribución: usuarios de vehículo, 32%; motociclistas 34%; peatones 64%, y ciclistas 27%. El riesgo para peatones es muy alto.

Los resultados para cada tipo de usuario se pueden observar de manera gráfica en los mapas de riesgo de las figuras 4 a 7, en los cuales se utilizó como velocidad máxima 50 km/h, que es la velocidad máxima permitida con las condiciones actuales de la vía.

### Estadísticas de siniestralidad en Paseo de la Reforma

Se revisaron los archivos estadísticos de Infovia de la Ciudad de México para conocer la ocurrencia y el tipo

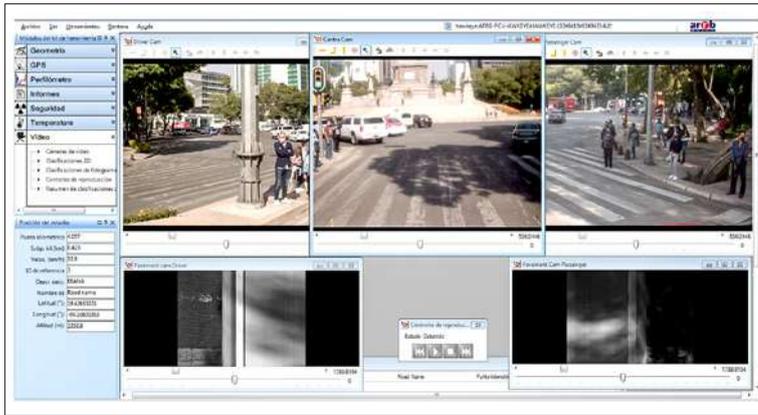


Figura 3. Trabajos de inspección y codificación de la vía.

Tabla 1. Clasificación por estrellas en carriles centrales (%)

Clasificación por estrellas	Ocupantes de vehículo	Motociclista	Peatones	Ciclistas
*****	8	0.0	1	19
****	50	56	19	29
***	9	11	16	25
**	11	1	29	10
*	21	32	35	17
Total	100	100	100	100

Tabla 2. Porcentajes agrupados según objetivos de seguridad

Ocupantes de vehículo		Motociclistas		Peatones		Ciclistas	
3 a 5 estrellas	1 a 2 estrellas	3 a 5 estrellas	1 a 2 estrellas	3 a 5 estrellas	1 a 2 estrellas	3 a 5 estrellas	1 a 2 estrellas
67%	32%	66%	34%	36%	64%	73%	27%

de accidentes que se presentaron en los años 2018 y 2019 en la vía (Infovial, 2019). En la tabla 3 se muestra la cantidad y el tipo de accidentes ocurridos en esos años.

Como se observa en la tabla, los choques y atropellamientos tienen un elevado número de ocurrencia. Cabe mencionar que los datos que aquí se presentan contemplan los 17.4 km de longitud de la vía. En la figura 8a se observa la vía con la que se puede relacionar la ubicación de la clasificación, y en la figura 8b se muestra la clasificación por estrellas para cada tipo de usuario. Los sitios reportados con una y dos estrellas, considerados de alto riesgo mediante la metodología iRAP, corresponden a los sitios donde se presentaron más siniestros en el periodo de 2020 a 2022.

**Medidas de mejoramiento**

Con el interés de proponer una vía más segura donde predomine la clasificación por estrellas en el rango de tres o más, se elaboró una lista de las principales medidas de mejoramiento que pueden conducir a incrementar la evaluación en la clasificación por estrellas, y de manera eficaz reducir los riesgos relacionados con la infraestructura:



Figura 4. Clasificación por estrellas para automovilistas carriles centrales.



Figura 5. Clasificación por estrellas para motociclistas carriles centrales.



Figura 6. Clasificación por estrellas para ciclistas carriles centrales.



Figura 7. Clasificación por estrellas para peatones carriles centrales.

- Adecuado funcionamiento de semáforos
- Implementación de cruces peatonales seguros
- Instalación de vallas para contener cruce de peatones al inicio de intersecciones
- Mejoramiento de la visibilidad
- Control de tránsito
- Vigilancia en las intersecciones
- Gestión de velocidad
- Instalación de calmantes de tráfico

**Tabla 3.** Tipo de hechos viales en Paseo de la Reforma

Año	Choque	Derrapados	Volcaduras	Atropellados	Caída de ciclistas	Caída de pasajeros
2020	109	48	2	28	26	5
2021	201	69	11	62	41	5
2022	232	61	7	72	38	4

Elaboración propia con datos de Infovial.

- Mejoramiento de la delimitación
- Mejoramiento de la calidad en las intersecciones
- Mejoramiento de la señalización
- Protección a estructuras de peligro, postes, estructuras y árboles de diámetro superior a 10 cm
- Capacitación para la conducción segura de motocicletas
- Estudio de factibilidad de motovía

Una vez identificadas las características y los sitios de peligro, es necesario implementar medidas que mejoren la calificación y por ende prevengan o disminuyan la posibilidad de colisiones. La aplicación de medidas de mejoramiento de la vía puede reducir significativamente el riesgo de hechos viales, así como su severidad. Dichas medidas se pueden ejecutar a corto, mediano y largo plazo.

### Zonas de riesgo identificadas

Con base en la tecnología iRAP se identificaron los elementos de riesgo que tienen un impacto en la probabilidad de accidentes y su severidad; se ubicaron las zonas donde la clasificación es de una y dos estrellas (zonas de peligro para los diferentes usuarios) y se encontraron los siguientes elementos de riesgo:

- Glorietas en donde los automovilistas no respetan los límites de su carril e invaden la vía de intersección.
- Los semáforos vehiculares sobre Paseo de la Reforma están sincronizados con los semáforos peatonales y para ciclistas; en las intersecciones, los vehículos que se incorporan a Reforma deberían detenerse respetando los semáforos para ciclistas y peatones, pero la mayoría de los automovilistas provenientes de intersecciones no se detienen, lo que pone en riesgo a usuarios vulnerables.



Centro de Actualización Profesional e Innovación Tecnológica  
del Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.



# Especialidades

# Inscripciones Abiertas



## Administración de Proyectos de Infraestructura

**RVOE - SEP 2005371 CLAVE DGP625754**



## Valuación de Inmuebles

**RVOE - SEP 2005369 CLAVE DGP625728**



## Valuación de Negocios en Marcha

**RVOE - SEP 2005370 CLAVE DGP625753**

### Características de los Planes de Estudios:

Estudios con RVOE

El Plan de Estudios consta de 45 créditos y 360 horas de clase.

Para obtener el Diploma y Cédula de Grado se requiere elaboración de Tesina y Réplica en Examen.

En Colaboración con:



[www.capit.org.mx](http://www.capit.org.mx)

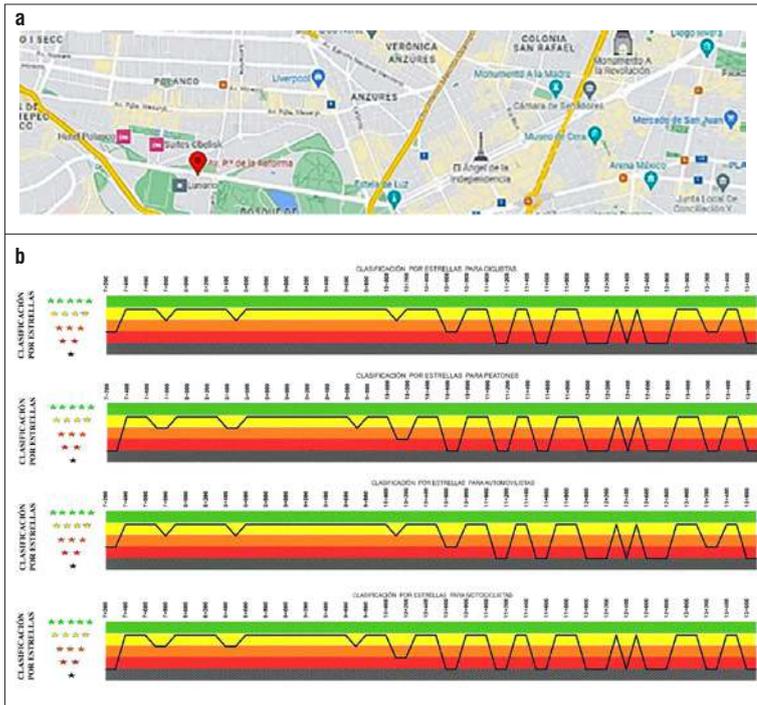


Figura 8. Vía (a) y clasificación por estrellas para cada tipo de usuario (b).

► La clasificación por estrellas incluye a cada uno de los usuarios de las vías: peatones, ciclistas, motociclistas y ocupantes de vehículos. Cada clasificación se presenta con un color diferente para facilitar su identificación. La clasificación por estrellas es una medida simple y objetiva del nivel de seguridad que proporciona el diseño de la vía; se registran los atributos cada 100 metros para evaluar el riesgo de la carretera. Estos datos de codificación se combinan con otros datos complementarios y se cargan en el *software* ViDA para producir clasificaciones por estrellas para cada tipo de usuario.

- Semáforos sin funcionar.
- Postes, árboles y pedestales con diámetros mayores o iguales a 10 cm considerados de peligro en caso de impacto.
- Delineación deficiente y confusa.
- Volumen elevado de motociclistas que no respetan carriles y rebasan incorrectamente.
- Ciclistas fuera de la ciclo vía; circulan por faja separadora o en el arroyo vehicular.
- Personas en patines y monopatín circulan por arroyo vehicular.
- Motociclistas que usan el refugio peatonal de la faja separadora como retorno.
- En diferentes segmentos del carril del Metrobús se presenta reducción de ancho de carril con marcadores horizontales (violetas, balizas y delineadores de

carril). Debido a estos elementos, el Metrobús invade el carril contiguo.

- Deficiente visibilidad por vegetación.

Las intersecciones y enlaces son zonas de conflicto para todos los usuarios por las diferentes corrientes de tránsito, la disposición de los semáforos y las inadecuadas prácticas de conductores para incorporarse. Las siguientes intersecciones presentan una y dos estrellas:

- Calle Sevilla (Glorieta La Diana)
- Calle Florencia (Glorieta Ángel de la Independencia)
- Calle Niza (Glorieta La Palma)
- Calle Gral. Prim (Glorieta Cuauhtémoc)
- Calle Versalles (Glorieta Colón)
- Avenida Morelos (Glorieta Colón)
- Calle Bucareli (Fuente de Bucareli)
- Avenida Juárez (Fuente de Bucareli)
- Calle Balderas (Metro Hidalgo)
- Avenida Hidalgo (Metro Hidalgo)

### Márgenes, señalización, vías

Uno de los accidentes más frecuentes se da en la salida de la vía, por lo que es deseable que los márgenes de la avenida se encuentren libres de obstáculos susceptibles de ocasionar daños graves al ser colisionados por un vehículo. Considerando el valor histórico que tienen muchos de estos elementos, se recomienda que los elementos que no se retiren sean visibles en cualquier horario, además de estar protegidos.

Es importante que el usuario de la vía cuente con la información necesaria para modificar su comportamiento en el volante ante situaciones que lo ameriten. Con las mejoras que se proponen se busca que la avenida Paseo de la Reforma sea autoexplicativa (que su trazo y señalización muestren con claridad a los conductores cuál es la conducta o comportamiento seguro en cada momento) y perdonadora (que la vía esté equipada con elementos que eviten siniestros y, en caso de un eventual error humano o falla mecánica, las consecuencias no sean graves o mortales).

### Conclusiones

Es necesario identificar las deficiencias en la seguridad de la infraestructura vial de manera sistemática, adoptar metodologías reconocidas y medidas prácticas para mejorar la seguridad vial, como propone iRAP, y reducir la cantidad de muertes y lesiones graves producidas en nuestras vialidades .

### Referencias

- Infovial (2019). Estadísticas de siniestralidad.
- iRAP (2022). iRAP Specification, manuals and guides.
- iRAP (s. f.). ViDA. Disponible en: [vida.irap.org/es/home](http://vida.irap.org/es/home)
- World Health Organization, WHO (2018). New WHO report highlights insufficient progress to tackle lack of safety on the world's roads.

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

# Pionera en el uso de concretos bajos en carbono

**EXEGY® by Soletanche Bachy, para obras subterráneas en México.**



CIMESA se convierte en pionera de la construcción sostenible en elementos de cimentación en México. La obra Sullivan 25, desarrollada por CCLA Group y Estrategia Urbana, es la primera en contar con elementos de cimentación con concreto bajo en carbono certificado por EXEGY® by Soletanche Bachy.

Según la clasificación de concretos bajos en carbono EXEGY® by Soletanche Bachy, el concreto usado para el colado del muro Milán y las pilas de esta obra está clasificado como bajo en carbono.

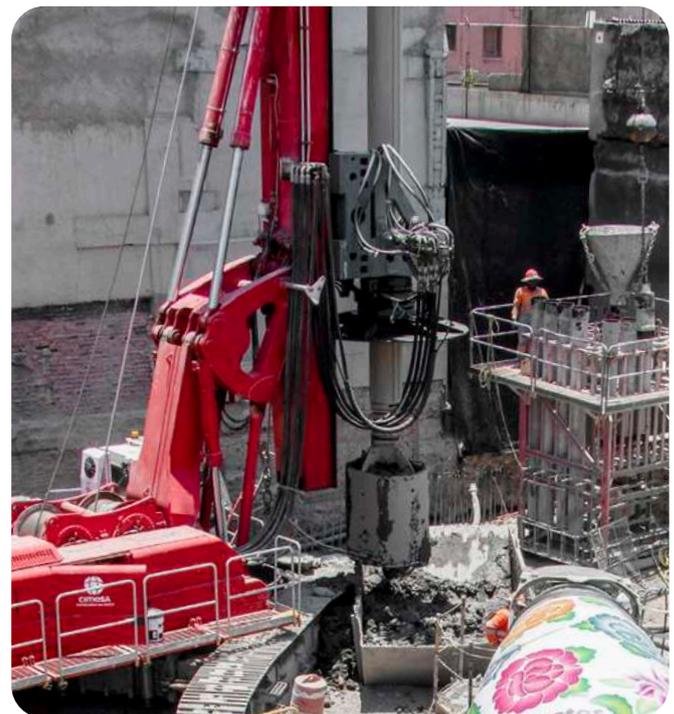
El cemento representa solo el 12% de la composición del concreto, sin embargo, genera 85% de su huella de carbono. Al reemplazar parte del cemento por adiciones minerales, reducimos estas emisiones, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

La descarbonización del sector de la construcción requiere la implementación de formulaciones de concreto bajas en carbono que reemplacen todo o parte del cemento tradicional altamente emisor. A nivel mundial, la producción de concreto es responsable del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Con las soluciones EXEGY® by Soletanche Bachy, CIMESA minimiza la huella de carbono de sus estructuras con fórmulas que permiten reducir 35% la huella de carbono en comparación con el concreto convencional.

La sinergia de nuestro equipo de técnicos especialistas de materiales con nuestros proveedores nos permite aplicar con éxito esta solución que contribuye a la reducción de la huella de carbono de nuestras actividades y de los proyectos de nuestros clientes.

**Somos CIMESA. Apóyate en nosotros.**



[www.cimesa.net](http://www.cimesa.net)



@somenscimesa



cimesa



# Aplicación de int en la gestión

Estamos viviendo una auténtica revolución de la inteligencia artificial y cada vez hay más servicios que se apoyan en ella para ofrecer automatización, disminución de costos y mejoras en las herramientas de análisis de todo tipo de procesos, por complejos que estos parezcan.

RICARDO ERAZO  
**GARCÍA CANO**  
Miembro del  
Subcomité  
de Carreteras  
del Comité de  
Infraestructura del  
Transporte, Colegio  
de Ingenieros Civiles  
de México.

**El concepto de inteligencia artificial (IA)** se relaciona directamente con la capacidad de aprendizaje de los sistemas y con su capacidad de resolver problemas utilizando ese conocimiento adquirido.

En la ingeniería de carreteras, muchos son los procedimientos de medición, cálculo y diseño en los que ya es una realidad la utilización de sistemas capaces de aprender sobre lo que se percibe en su entorno, con la utilización de sistemas de reconocimiento óptico o sensorial y de algoritmos que correlacionan la información proveniente de los cada vez más sofisticados sensores con la información procedente de las bases de datos para interpretar tipologías, calcular y fundamentar modelos predictivos.

Los algoritmos y técnicas de IA más utilizados actualmente se basan en las redes neuronales artificiales, que se desarrollan con técnicas de aplicación óptima dependiendo del tipo de análisis a realizar. En la figura 1 se presenta un esquema que ilustra la variedad de técnicas de IA y plantea la que se utilizará en este artículo para ejemplificar la aplicación de IA en la gestión del mantenimiento de carreteras.

## La IA aplicada en la inspección de pavimentos

Uno de los aspectos más importantes para la infraestructura carretera, además de su desarrollo para incrementar la cobertura y accesibilidad o las actividades de modernización para mejorar los niveles de servicio, es el mantenimiento, y como parte de esto, la evaluación de la condición de los pavimentos es la base de cualquier programa de gestión.

La inspección de esta infraestructura se realiza mediante auscultaciones y a partir de la inspección visual, para lo cual la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes dispone de un manual que

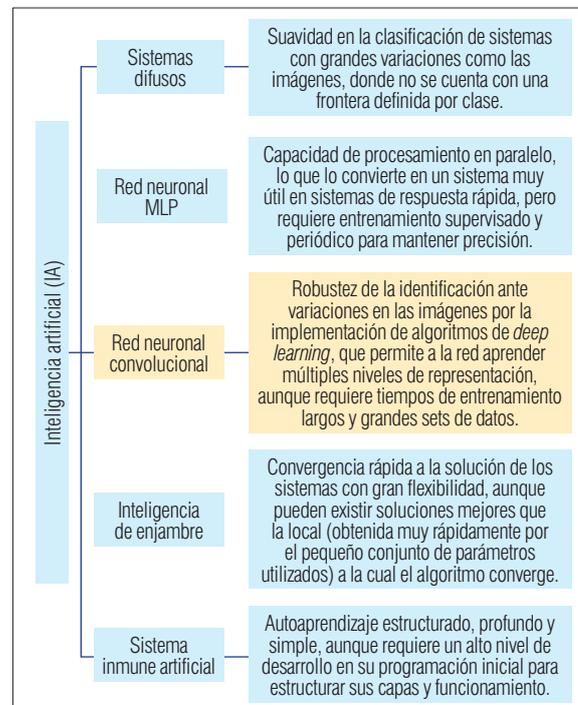


Figura 1. Técnicas de IA y criterios de aplicación en la gestión de carreteras.

establece las bases para calificar el estado superficial, el señalamiento y las obras de drenaje.

Con la evaluación de pavimentos se busca determinar características superficiales y estructurales de la infraestructura carretera, con el levantamiento de deterioros y la medición de los indicadores de desempeño. El conocimiento de estos indicadores es fundamental para el diseño de una correcta política de conservación y la gestión de las acciones de mantenimiento y rehabilitación que ayuden a prolongar la vida útil de la carretera y reducir la tasa de deterioro de la infraestructura.

La inspección por auscultaciones determina indicadores objetivos utilizando instrumentos debidamente calibrados y estandarizados, en tanto que la inspección visual se lleva a cabo utilizando como base una norma y haciendo uso de la experiencia de técnicos que recorren el tramo y van identificando la tipología del deterioro y midiendo el área afectada.

# Inteligencia artificial de carreteras

A diferencia de hace unas décadas, hoy la revolución de las aplicaciones de IA también alcanza a estos procedimientos de la ingeniería de carreteras. La técnica de IA más utilizada para replicar el proceso de inspección de los pavimentos se basa en las redes neuronales convolucionales. Este concepto, que puede sonar complicado, se explica en lo que sigue a partir de seis etapas que integran la propuesta metodológica para la evaluación del deterioro de los pavimentos usando técnicas de fotogrametría y redes neuronales (véase figura 2).

Esta metodología es la base de un sistema automatizado de evaluación del deterioro cuyos impactos directos se reflejan en la reducción de tiempo y costo en la formulación de los planes de gestión del mantenimiento de la infraestructura carretera. Imaginemos un sistema de este tipo no como un remplazo de los recorridos de residentes de conservación en las carreteras, no como la competencia de los procesos de auscultación con vehículos de alto desempeño, sí como una herramienta de apoyo a la gestión vial, sí como una tecnología complementaria para disminuir los costos de gestión de la infraestructura carretera.

El paso 1 de la metodología son los sensores, cada vez más variados, precisos y eficientes; los pasos 2 y 3 refieren tratamiento de las imágenes con algoritmos de segmentación, que implica técnicas como la conversión a escala de grises, detectores de bordes y operaciones morfológicas básicamente; los pasos 4, 5 y 6 corresponden al procesamiento de la información en la red neuronal convolucional, también con sus respectivos algoritmos de convergencia debidamente entrenados.

Uno de los tipos de red neuronal más usados para este tipo de sistemas es la red neuronal multicapa con algoritmo de aprendizaje *back propagation* (BP), debido a su potencial como herramienta de predicción y su capacidad para extraer información útil de las muestras que se comparan con los sets de datos. Los primeros pasos



Figura 2. Propuesta metodológica para evaluar el deterioro de pavimentos con fotogrametría y redes neuronales.

del procesamiento digital de imágenes de pavimentos utilizando técnicas de inteligencia artificial se han basado en su mayoría en la detección de baches, grietas o fisuras de diferentes subtipos de deterioro (véase figura 3).

En la tabla 1 se presenta la clasificación de tipos de daños utilizada en el RDD2022 (A multi-national image dataset for automatic road damage detection 2022).

La utilización de un sistema IA para detección y clasificación de daños resulta de un procesamiento continuo de las imágenes capturadas y agregación de los tipos de daños detectados en diferentes niveles de segmentación. La figura 4 ejemplifica este resultado.

## Aplicación en México de esta tecnología

Habiendo planteado la estructura y características fundamentales de la inspección del deterioro con técnicas de inteligencia artificial, en lo que sigue se presentan los alcances de una aplicación desarrollada en nuestro país (véase figura 5) con la que, además de hacerse el inventario de daños a la superficie del pavimento, se exploran otras vertientes, como son la inferencia y ajuste de la curva de deterioro característica de cada tramo, con la construcción de un modelo predictivo de los niveles de deterioro que no solo se pronostican con base en la estructura del tipo de pavimento, el clima, los niveles



Figura 3. Tipos de deterioro de los pavimentos.

**Tabla 1.** Clasificación de daños del Road Damage Dataset 2022

Tipo de daño			Descripción	Código
Falla	Grieta lineal	Longitudinal	Rodadura	D00
			Junta constructiva	D01
		Lateral	Intervalo igual	D10
			Junta constructiva	D11
	Piel de cocodrilo		Desprendimiento pavimento	D20
Otros tipos de daño			Baches	D40
			Difuminación línea cruce	D43
			Difuminación línea lateral	D44

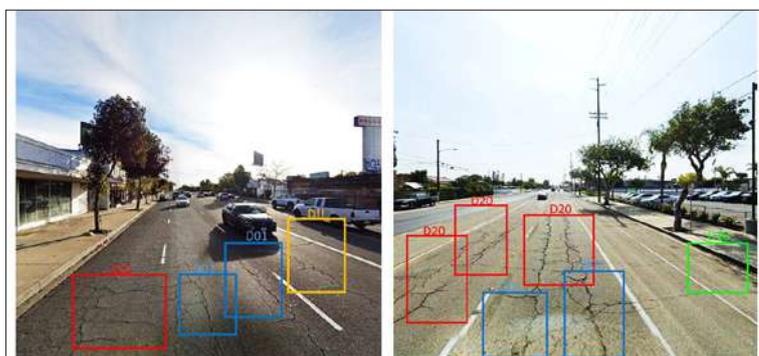


Figura 4. Ejemplo del proceso de detección e identificación de daños en pavimento.

de uso y el estado inicial del deterioro, ya que toma en cuenta la tasa de cambio en la severidad y área afectada.

Este sistema, experimental hasta hace un par de años y hoy en creciente aplicación, cumple con todos los elementos antes mencionados y se comercializa como un servicio de inspección vial.

A continuación se enumeran los temas que se sugiere atender para potenciar la plataforma de desarrollo de estas aplicaciones

- Desarrollo y actualización periódica de los sets de datos. Si bien las empresas que han incursionado en esta tecnología pueden haber generado un importante acervo de imágenes útiles para el entrenamiento de los algoritmos IA, el Instituto Mexicano del Transporte, en coordinación con la Dirección General de Servicios Técnicos, podría generar un set de datos público con las estructuras internamente utilizados para estas bases de datos (RDD2022 Road Damage Detection 2022).
- Acopio e implementación del uso de estas técnicas de vanguardia para el abatimiento de tiempos y costos en la inspección de pavimentos en las dependencias públicas y empresas privadas que gestionan programas de mantenimiento carretero.
- Actualización de la norma para la evaluación visual de deterioros en pavimentos, a efecto de integrar estos nuevos procesos y tecnología.
- Promover la incorporación al ecosistema para el desarrollo de aplicaciones IA en carreteras las tendencias en otros aspectos, además del inventario de deterioros; por ejemplo la modernización de los conteos o aforos



Figura 5. Ejemplo de utilización del sistema Check Up Carretero como herramienta de gestión de pavimentos en el Libramiento Elevado de Puebla.

vehiculares, la construcción de matrices origen-destino sin encuestas directas a usuarios, el monitoreo de tiempos de espera en casetas y el establecimiento de operación conjunta en cruces fronterizos con uso de estándares de desempeño de la operación en cruce, al igual que muchas otras aplicaciones de IA combinadas con los sensores apropiados y una visión de vanguardia que apoye la ingeniería de carreteras.

### Conclusión

La inteligencia artificial está presente en muchos de los objetos que utilizamos o que nos proveen información día a día. No todo en IA es el Chat GPT; hay aplicaciones específicas relacionadas con la ingeniería de carreteras que sería importante analizar desde nuestra perspectiva como ingenieros, y que nos están ayudando a modernizar procedimientos con el abatimiento de tiempos y costos, aspectos que en estos tiempos, y para un sector como la infraestructura carretera, son de vital importancia.

Hay mucho trabajo por realizar para sacar el mayor provecho a estas nuevas tecnologías. Con el tiempo se requerirá una transformación institucional para el acopio de datos y los sistemas de gestión de carreteras de vanguardia

¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

CÓMPRALO  
AQUÍ



# REDEFINE

## EL DISEÑO DE TU PRÓXIMO PROYECTO

Conoce todo lo que la nueva espuma mineralizada de alto desempeño en **aislamiento térmico** puede hacer por ti

- Ofrece un aislamiento de **6 a 8 veces más ligero** vs otros sistemas
- **Reduce al máximo las cargas muertas**, proporcionándote beneficios estructurales
- Ayuda a cumplir con la normativa energética gracias a su **resistencia térmica**

PROCESO FÁCIL Y SENCILLO



SIN QUÍMICOS NI MOHO



# AIRIUM

Aislamiento Redefinido

 **HOLCIM**

# Gustavo Eiffel en México. A 100 años de su muerte

## Un legado de ingeniería y arte

Es común asociar a Eiffel únicamente con su emblemática torre en París, pero su influencia se extendió mucho más allá. En México dejó una marca indeleble al contribuir con diversas estructuras e inigualables diseños al patrimonio arquitectónico y de ingeniería del país. En este artículo se describen brevemente las obras más significativas de Gustave Eiffel en territorio mexicano.

**CARLOS A. HERRERA ANDA**  
Director de la Facultad de Ingeniería, Universidad La Salle.

**Nacido el 15 de diciembre de 1832** en Dijon, Francia, Alexandre Gustave Eiffel creció en una región famosa por sus vinos. Sin embargo, en lugar de seguir el legado vinícola de su tierra natal, descubrió una pasión ardiente por la ingeniería. Se formó en dos de las más prestigiosas instituciones de Francia: la École Polytechnique y la École Centrale des Arts et Manufactures de París.

Una vez completados sus estudios, Eiffel se embarcó en una carrera profesional en la ingeniería, con un enfoque particular en construcciones metálicas. Su habilidad y precisión en el diseño de puentes para la floreciente industria ferroviaria le ganaron una reputación impecable como experto en estructuras de hierro.

El año 1864 marcó el inicio de su emprendimiento con la fundación de la Compagnie des Établissements Eiffel. No se limitó a su Francia natal; la empresa trascendió fronteras llevando a cabo proyectos desde el Puente de Oporto en Portugal hasta majestuosas estructuras en América del Sur, incluyendo, notablemente, contribuciones en México.

Aunque su cartera de proyectos fue vasta, el pináculo de su carrera y su legado es la Torre Eiffel. Erigida inicialmente para la Exposición Universal de 1889 en París, esta impresionante estructura de 324 metros no solo se convirtió en el símbolo indiscutible de París, sino también en una representación vívida del ingenio y visión de Eiffel. A pesar de las críticas iniciales, ha perdurado como un monumento icónico, atrayendo anualmente a millones de admiradores.

Es común asociar a Eiffel únicamente con su emblemática torre en París, pero su influencia se extendió mucho más allá. La Torre Eiffel no es su única contribución icónica. Eiffel desempeñó un papel crucial en el diseño

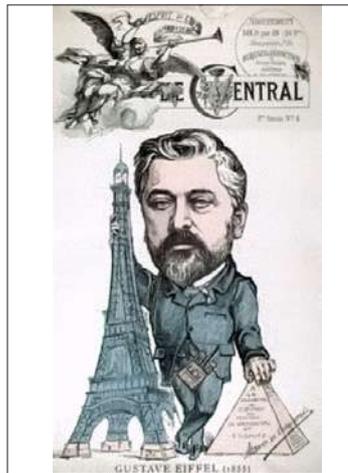


Figura 1. Caricatura de Gustave Eiffel publicada el 14 de febrero de 1887 en el diario *Le Temps*.

estructural de la Estatua de la Libertad en Nueva York, otro monumento que enlaza su legado con la historia global.

En México, dejó una marca indeleble al contribuir con diversas estructuras e inigualables diseños al patrimonio arquitectónico y de ingeniería del país. A continuación se explorarán las obras más significativas de Eiffel en territorio mexicano.

### **El Puente de Fierro de Ecatepec: un legado de hierro en el corazón del Estado de México**

En medio del vasto paisaje urbano y natural del Estado de México, el Puente de Fierro de Ecatepec emerge como un símbolo de la rica historia y patrimonio industrial de la región (véase figura 2). Aunque muchos

puentes en todo el mundo se jactan de contar historias centenarias y de ser testigos mudos de eventos cruciales, el Puente de Fierro tiene su propio relato único.

El Puente de Fierro, como su nombre indica, es una estructura hecha predominantemente de hierro, material que caracterizó a muchas construcciones del siglo XIX y que refleja la revolución industrial y el auge del ferrocarril de la época. Si bien muchas fuentes sugieren una conexión con Gustave Eiffel o su firma, es necesario corroborar dichos lazos, ya que se ha especulado sobre varios puentes en América Latina con supuestas conexiones con Eiffel que resultaron no ser ciertas.

Algunas fuentes señalan que, aunque el diseño original del puente no lleva la firma personal de Alexandre Gustave Eiffel, su construcción en 1870 (antes que la Torre Eiffel), encargada por Porfirio Díaz, fue realizada bajo la batuta de su empresa, la Compagnie des Établissements Eiffel. Esta conexión con la firma de Eiffel añade una dimensión de renombre y prestigio a la estructura.



Figura 2. El Puente de Fierro, ubicado entre la avenida 1° de Mayo y la carretera federal México-Pachuca, en San Cristóbal Ecatepec.

El diseño del Puente de Fierro refleja la estética y funcionalidad de la época: sus vigas de acero robusto y sus remaches visibles ejemplifican el estilo constructivo predominante a finales del siglo XIX, que combina funcionalidad con estética. Estos remaches no solo añaden un toque distintivo al diseño, sino que también resaltan la meticulosidad y precisión con la que se construían las infraestructuras de esa época.

Más allá de su función original, el Puente de Fierro ha pasado a ser un icono cultural para los residentes de Ecatepec y las áreas circundantes. Con el tiempo, ha sido testigo de innumerables historias locales, desde los viajes cotidianos de los residentes hasta eventos significativos que han moldeado la historia y cultura de la región.

El puente, que ha resistido la prueba del tiempo en términos estructurales, es ahora considerado patrimonio del Estado de México, testimonio de la innovación y la ingeniería de la era industrial del siglo XIX. Es un recordatorio constante de una era pasada, una época en la que la innovación y el progreso técnico eran símbolos de esperanza y desarrollo para el futuro.

### **El Palacio de Hierro de Orizaba: un tesoro arquitectónico en Veracruz**

Situado en la histórica ciudad de Orizaba, en el estado de Veracruz, se encuentra una joya arquitectónica que lleva con orgullo el nombre de Palacio de Hierro (véase figura 3). Este edificio no es solo un monumento a la innovación y al ingenio humano, sino también un testigo silente de la riqueza histórica y cultural de la región.

El Palacio de Hierro fue diseñado en la última década del siglo XIX por la firma del ingeniero Eiffel, fabricado en Bélgica y posteriormente traído a México pieza por pieza para ser ensamblado en Orizaba en 1894 e inaugurado el 16 de septiembre de ese mismo año.

Tiene un total de 823,222 tornillos y un peso de 600 toneladas. Esta construcción se ha convertido en el máximo exponente del *art nouveau* en México y es el único palacio metálico en el mundo. El que sea completamente de hierro es un rasgo distintivo que le da su nombre y que refleja el auge de la arquitectura de hierro y acero de la época. Con una estructura que combina la funcionalidad

con una estética europea, destaca en medio del paisaje urbano tradicional mexicano y sirve como recordatorio de la influencia europea en el México porfiriano.

En 1985 fue declarado Monumento Histórico Nacional por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) de México, con lo cual consolidó su lugar como un tesoro patrimonial del país. Funcionó como sede del gobierno municipal durante 97 años.

### **Iglesia de Santa Bárbara en Santa Rosalía: un encuentro entre fe y metal en Baja California Sur**

En el paisaje árido y pintoresco de Baja California Sur, en la ciudad de Santa Rosalía, se erige una estructura que, a primera vista, parece desafiar las convenciones tradicionales de la arquitectura sacra: la Iglesia de Santa Bárbara (véase figura 4). Este templo, con su esqueleto de metal y diseño europeo, narra una historia fascinante de fe, industria y conexión internacional.

La Iglesia de Santa Bárbara tiene sus raíces en el París del siglo XIX. Construido en 1887 por –se dice– Gustave Eiffel para la Exposición Universal de 1889 en París, junto con la Torre Eiffel, esta estructura prefabricada de hierro fue desarmada después del evento y trasladada a Bruselas, Bélgica. Sin embargo, el destino inicial de esta iglesia era distinto: se cree que fue adquirida por una compañía francesa para ser trasladada al Congo, en África, pero ese destino cambió, y en 1896 la iglesia encontró su hogar en Santa Rosalía, una ciudad en pleno auge debido a la minería de cobre.

El diseño de la iglesia es un testimonio de la innovación. Construida íntegramente en hierro, la estructura refleja el enfoque vanguardista de Eiffel, quien se atrevió a usar un material industrial para crear un espacio sagrado. Desde fuera, su estructura metálica es un espectáculo para la vista, mientras que en su interior ofrece un santuario de paz y devoción.

Si bien su presencia en el contexto desértico de Baja California Sur podría parecer inusual, la Iglesia de Santa

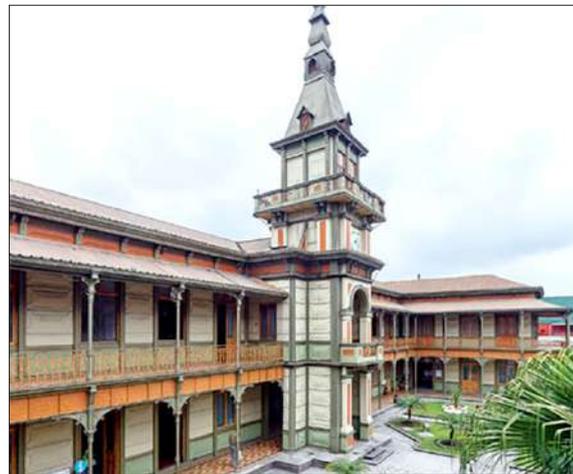


Figura 3. El Palacio de Hierro, en el Centro Histórico de Orizaba, Veracruz.

Bárbara se ha entrelazado profundamente con el tejido cultural de Santa Rosalía. Sirve como testimonio de la floreciente historia minera de la ciudad y de su relación con Europa en la era del porfiriato.

Cabe mencionar que, aunque se atribuye a Gustave Eiffel el diseño de la Iglesia de Santa Bárbara, existen investigadores que sostienen que la verdadera autoría pertenece al brasileño Biblano Duclos. Independientemente de estas disputas, lo que es innegable es el valor cultural y patrimonial del templo. Durante más de un siglo, ha sido un punto focal para los locales, y también ha atraído a visitantes de todo el mundo.

### **El quiosco de Eiffel en Cuernavaca: historia y belleza en el Jardín Juárez**

Ubicado en el corazón de la vibrante ciudad de Cuernavaca, el Jardín Juárez alberga un tesoro arquitectónico que, aunque familiar para los habitantes y visitantes habituales, esconde una historia rica y poco conocida: su icónico quiosco. Esta estructura, con su entramado metálico y diseño elegante, no es solo un lugar de encuentro y celebración, sino también una pieza inconfundible del legado de Gustave Eiffel en México (véase figura 5).

Mientras que muchos asocian a Eiffel exclusivamente con la Torre Eiffel de París, sus diseños se encuentran dispersos en diversos rincones del mundo, y Cuerna-



Figura 4. Iglesia de Santa Bárbara, ubicada en el centro del municipio de Santa Rosalía, Baja California Sur.

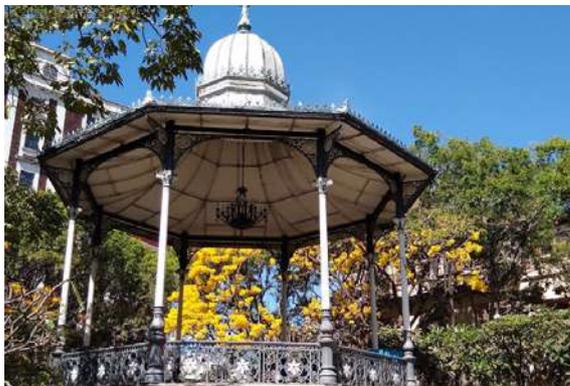


Figura 5. El quiosco de la Plaza Juárez, en el centro de Cuernavaca, Morelos.

vaca no es la excepción. El quiosco del Jardín Juárez fue diseñado por Eiffel en el apogeo de su carrera, y es una muestra palpable de su habilidad para fusionar la funcionalidad con la estética.

Esta estructura no se construyó originalmente en México, sino que fue fabricada y preensamblada en Inglaterra. Fue en 1890 cuando, bajo el mandato del entonces gobernador Jesús H. Preciado, el quiosco fue adquirido y transportado por barco hasta México, para luego ser reensamblado en su ubicación actual.

Al observar el quiosco, uno puede apreciar las características distintivas del estilo de Eiffel. La estructura metálica, elaborada con precisión, refleja la influencia de la era industrial, mientras que los ornamentos y detalles dan testimonio del deseo de combinar la ingeniería con el arte. Su cúpula, sostenida por columnas esbeltas, proporciona sombra y refugio, y las barandillas decorativas añaden un toque de elegancia al conjunto. Existen versiones que señalan que no es de la autoría de Eiffel y que, al no existir datos sobre el autor original, a alguien se le ocurrió decir que era del ingeniero francés y esto fue tomado como verdad popular.

Gustave Eiffel dejó un legado imborrable en el mundo de la ingeniería y la arquitectura. Sus innovaciones en el diseño y construcción de estructuras metálicas establecieron nuevos estándares y continúan inspirando a ingenieros y arquitectos en todo el mundo. Aunque estas obras no sean tan icónicas como la Torre Eiffel, siguen siendo testamentos del talento y la influencia de Gustave Eiffel. Cada una de estas estructuras refleja la revolución industrial y el auge del hierro como material de construcción en el siglo XIX. Además, muestran cómo la ingeniería y el arte pueden combinarse para crear estructuras tanto funcionales como estéticamente agradables.

México, con su rica historia y diversidad cultural, ha sido influenciado por muchos artistas y arquitectos a lo largo de los años. Gustave Eiffel es uno de ellos, y aunque su huella en México no sea tan extensa como en otros lugares, sus obras aún resuenan en la cultura e historia del país. Es un recordatorio de cómo la colaboración internacional y el intercambio de ideas pueden enriquecer a una nación y dejar un legado duradero.

Después de retirarse de la ingeniería, Eiffel se dedicó a estudios aerodinámicos y meteorológicos, aprovechando la estructura de su torre para diversos experimentos. Falleció en París el 27 de diciembre de 1923 a la edad de 91 años 

### **Bibliografía**

Coupérie-Eiffel, P. (2013). *Eiffel por Eiffel*. Madrid: Plataforma Editorial.  
Fernández, T., y E. Tamaro (2004). Biografía de Gustave Eiffel. *Biografías y Vidas*. La enciclopedia biográfica en línea. Barcelona. Disponible en: [www.biografiasyvidas.com/biografia/e/eiffel.htm](http://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/eiffel.htm).  
[www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/1821/Gustave%20Eiffel](http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/1821/Gustave%20Eiffel)  
[www.mexicodesconocido.com.mx/gustave-eiffel-arquitectura-en-mexico.html](http://www.mexicodesconocido.com.mx/gustave-eiffel-arquitectura-en-mexico.html)

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

**WISE**  
TODO ES POSIBLE



[www.wise.com.mx](http://www.wise.com.mx)



**TODO ES  
POSIBLE**

# Visión computacional en arquitectura, ingeniería y construcción

El desarrollo de métodos computacionales de estadística descriptiva, analítica predictiva, inteligencia artificial y visión por computadora, así como la implementación de metodologías ágiles basadas en trabajo colaborativo para la asistencia en el desarrollo de proyectos de infraestructura ha demostrado traer consigo múltiples beneficios, principalmente la optimización de tiempo y el manejo preciso de la información, lo cual se puede traducir en un uso eficiente de recursos humanos y financieros durante el ciclo de vida del proyecto.

## JUAN A. MONTER

Maestro en Ingeniería de Negocios. Ha sido director general y asesor en diversas instancias privadas y públicas. Es director general y fundador de Kaminoitech.

**La idea de inteligencia artificial (IA)** data de los decenios de 1940-1950. Autores como Warren McCulloch, Alan Turing e Isaac Asimov, entre otros, asociaron los conceptos de computación, inteligencia y máquinas describiendo las maneras en que estos podrían imitar diferentes procesos inteligentes (aprendizaje máquina, visión por computadora, procesamiento del lenguaje natural, evolución genética, etc.) para la optimización y resolución de problemas (Dobrev, 2012). Hoy en día, estos conceptos se utilizan para describir un conjunto de métodos computacionales que hacen uso de datos digitales para optimizar la resolución de problemas de estadística y probabilidad, y pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones. Dentro de este conjunto de métodos destacan dos vertientes que han aportado ventajas significativas a proyectos de diferente índole: el *deep learning* (DL) y la visión computacional (VC).

## FABIÁN TORRES ROBLES

Doctor en Ingeniería. Ha participado en el desarrollo y coordinación de diferentes proyectos de investigación e innovación tecnológica. Es director del área de ciencia de datos en Kaminoitech.

El DL es una subrama de un conjunto de métodos llamados redes neuronales, que imitan el proceso de aprendizaje del cerebro humano modificando arquitecturas computacionales basadas en la interconexión de millones de neuronas a través de la experiencia obtenida durante el procesamiento iterativo de datos de entrenamiento y validación. Por otro lado, la VC tiene como objetivo resolver la manera en que los estímulos visuales son procesados por el cerebro para extraer información a partir de imágenes de acuerdo con su contexto, a través de la implementación de métodos de procesamiento digital de imágenes, así como del uso de métodos de aprendizaje máquina como DL, y asiste en la resolución de problemas relacionados con

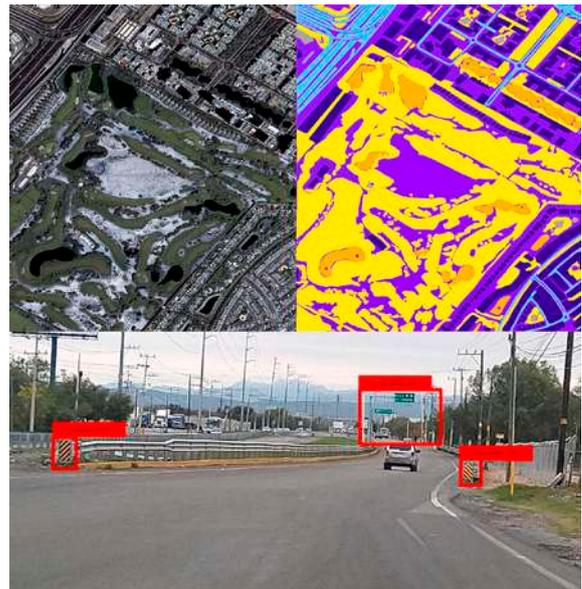


Figura 1. Implementación de métodos de visión computacional en imágenes satelitales y videos para proyectos de infraestructura.

la localización, segmentación y clasificación de objetos en imágenes digitales.

Estas dos ramas de la IA revisten un interés particular por dos razones: a principios de este siglo, la aparición en el mercado –a un precio accesible– de sistemas computacionales capaces de procesar millones de datos simultáneamente para su implementación en computa-

doras personales habilitó la posibilidad de implementar y desarrollar estos métodos a un bajo costo. Por otro lado, a principios de la década de 2010 se demostró la capacidad que algunas arquitecturas computacionales basadas en DL tenían para realizar las tareas de identificación de objetos en imágenes y videos digitales con mayor precisión que un operador humano.

Esto ha permitido a diferentes industrias –como las de la salud y la infraestructura– beneficiarse con herramientas de VC que resuelven los problemas del procesamiento y análisis de información visual proveniente de diferentes etapas del desarrollo de un proyecto y mejoran la precisión de la información obtenida para asistir los procesos de toma de decisiones, control de calidad y gestión de recursos de manera más estricta y eficiente (McMillan y Varga, 2022).

### Beneficio para los proyectos de infraestructura

Hoy en día, la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) tiene acceso a información visual de diferentes maneras. Las cámaras de vigilancia, los teléfonos inteligentes y las tabletas personales con cámaras digitales de alta resolución con información georreferenciada, así como las cámaras integradas a la maquinaria, proveen datos visuales en tiempo real, los cuales son un recurso valioso en el respaldo de las decisiones tomadas durante los procesos de diseño, construcción y documentación del progreso de la obra de manera detallada. A su vez, mediante el uso de drones e imágenes satelitales es posible evaluar grandes áreas geográficas para tener una visión general del proyecto y su entorno, y asistir en los procesos de planificación, logística, seguridad y supervisión. El uso de tecnologías avanzadas como los radares de apertura sintética (SAR) y técnicas de escaneo remoto 3D como lidar (*light detection and ranging*) proporcionan información mediante el uso de sensores visuales especializados de alta resolución para generar modelos más exactos, independientemente de las condiciones climáticas, y proveen a la industria información útil para la supervisión y el monitoreo de los cambios topográficos y de los detalles estructurales durante la evolución del proyecto.

La adopción de estas tecnologías y el uso de esta información ha generado beneficios significativos en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos de la industria AEC, al asistir en la planificación, ejecución y supervisión de un proyecto desde su concepción hasta su operación y mantenimiento a largo plazo, a través de la automatización de tareas rutinarias. La información obtenida mediante estas herramientas apoya a los tomadores de decisiones durante los procesos de estimación y valoración de riesgos y contingencias, la optimización del diseño, así como el monitoreo y detección de anomalías, tareas que son necesarias para garantizar una eficiente relación costo-beneficio en términos de sustentabilidad, uso energético y de

otros recursos (Spencer *et al.*, 2019). Diversos proyectos se han visto beneficiados por el uso de la información visual que puede obtenerse a través de estos datos. Las imágenes satelitales se han utilizado para la identificación y clasificación automática de zonas de vegetación y áreas urbanas, entre otras, información que, utilizada en conjunto con imágenes SAR, contribuyen a la identificación de zonas de riesgo y en el proceso de monitoreo de obra. Por otro lado, mediante la localización y clasificación automática en videos e imágenes de un dispositivo móvil se pueden identificar fallas y errores en los requisitos de operación establecidos en los estándares de conservación y mantenimiento de un proyecto de infraestructura (véase figura 1).

Las metodologías ágiles de trabajo han mostrado su utilidad para mejorar la eficiencia en la industria AEC, a través de la inclusión de información visual precisa y siempre disponible. La metodología BIM es un claro ejemplo de esto. Se trata de un proceso orientado al trabajo colaborativo que, mediante el uso de *software* especializado para la visualización y manejo de la información de un proyecto, asiste en la optimización de los procesos de planeación, construcción, operación y mantenimiento haciendo uso de la representación digital de las características físicas y funcionales del



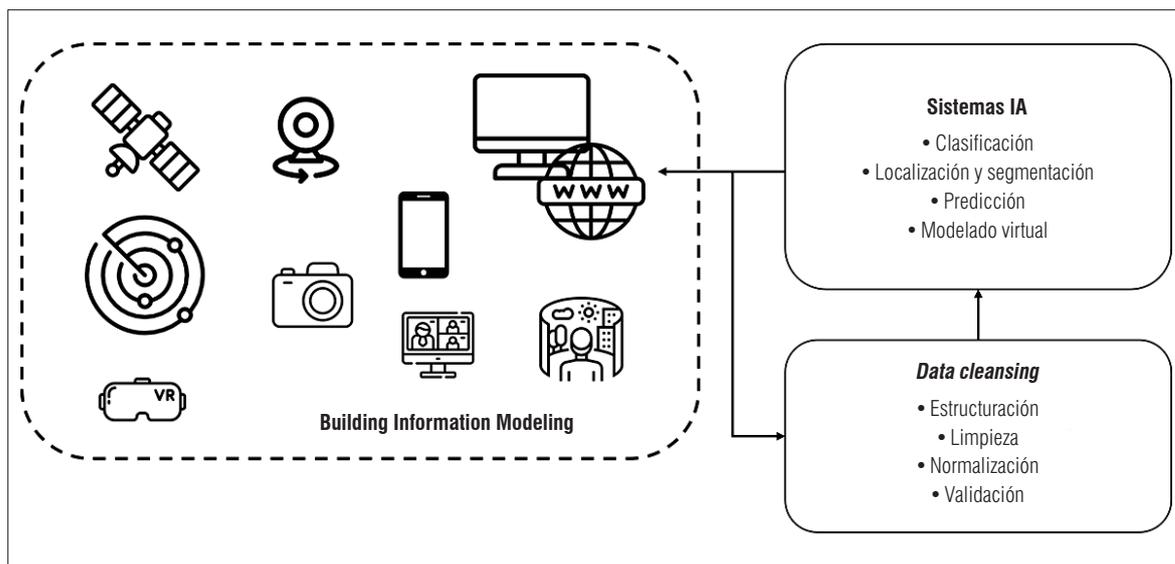


Figura 2. Sistema de gestión de la información basado en la metodología BIM y la integración de sistemas de IA.

proyecto durante todo su ciclo de vida (véase figura 2). Esta metodología se beneficia con la integración de métodos de IA y VC a través de la automatización de los procesos de reconocimiento de objetos y la extracción de información relevante con mediciones precisas de las características del proyecto para obtener representaciones más exactas (Isikdag, 2015).

### Retos

La convergencia de la industria AEC con las tecnologías de IA y VC ha desencadenado una revolución que está redefiniendo por completo la manera en que se conciben, planifican, ejecutan y supervisan los proyectos de infraestructura, al impulsar la eficiencia y la sostenibilidad al tiempo que marca el camino hacia un futuro en el que la capacidad humana y la tecnología se fusionan para dar forma a un entorno más eficiente. Aunque estas herramientas representan una serie de beneficios y ventajas para el desarrollo de un proyecto, existen retos y áreas de oportunidad que el sector AEC debe trabajar. El correcto funcionamiento de estos métodos depende principalmente de los datos con los cuales se alimentan.

### Conclusión

La industria AEC tiene acceso a información visual a través de diferentes fuentes, pero aún existen retos tecnológicos, como la cobertura y el acceso a dispositivos especializados que limitan la implementación de algunas de estas herramientas. Por otro lado, las empresas deben invertir en el desarrollo de equipos interdisciplinarios de ingenieros, arquitectos, científicos de datos y expertos en *softwares* especializados en el análisis e interpretación de la información para obtener las ventajas que estas herramientas ofrecen. Hoy en día en México, varias empresas tecnológicas y emergentes han empezado a trabajar en el desarrollo de

► El *deep learning* es una subrama de un conjunto de métodos llamados redes neuronales, que imitan el proceso de aprendizaje del cerebro humano modificando arquitecturas computacionales basadas en la interconexión de millones de neuronas a través de la experiencia obtenida durante el procesamiento iterativo de datos de entrenamiento y validación. La visión por computadora tiene como objetivo resolver la manera en que los estímulos visuales son procesados por el cerebro para extraer información a partir de imágenes de acuerdo con su contexto.

soluciones de IA y VC para la industria AEC. También el gobierno mexicano ha comenzado a destinar recursos para financiar proyectos de investigación y desarrollo relacionados con la integración de soluciones de IA a través del uso de fondos y programas de innovación. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías se ha dado a un paso gradual y escalonado, y a medida que estas demuestran su valor en términos de eficiencia, seguridad y rentabilidad, es posible que la inversión aumente con el tiempo

### Referencias

- Dobrev, D. (2005). A definition of artificial intelligence. *Mathematica Balkanica, New Series* 19: 67-74.
- Isikdag, U. (2015). *Enhanced building information models: Using IoT services and integration patterns*. Springer.
- McMillan, L., y L. Varga (2022). A review of the use of artificial intelligence methods in infrastructure systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 116.
- Spencer, B. F., et al. (2019). Advances in computer vision-based civil infrastructure inspection and monitoring. *Engineering* (2)5: 199-222.

¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

**15**  
AÑOS EN  
MÉXICO

**LÍDERES EN GRÚAS TORRE**  
capacidad de hasta 90 t



**GROKE**  
safety first



Tel. [52] 55 3618 1111  
[www.groke.mx](http://www.groke.mx)

# Infraestructura hidroagrícola y su contribución a la seguridad agroalimentaria

El agua debe concebirse como un bien social, económico y ambiental, un recurso vital para el desarrollo; ocupa un lugar cada vez más prominente en las agendas mundial y nacional. La preservación y el uso sustentable de este bien común se considera un objetivo inaplazable para lograr la equidad en su distribución a los distintos grupos de usuarios, en particular a los más vulnerables, en las áreas rurales, zonas indígenas y regiones más afectadas por adversidades climáticas.

**CÉSAR OCTAVIO RAMOS VALDÉS**

Ingeniero civil con especialidad en Ingeniería Hidráulica. Con amplia trayectoria en el servicio público, fue subdirector general de Infraestructura Hidroagrícola en la SARH; en la Conagua fue también director de proyecto de la presa Huites, entre otros. Miembro emérito del CICM.

**Para lograr atender** los diferentes usos del agua, primordialmente el público urbano, sin afectar otros como la producción de los alimentos para satisfacer a la población presente y futura, o las industrias agropecuaria y manufacturera, que generan los empleos necesarios para el desarrollo del país, es necesario usarla en forma eficiente.

Como es por todos sabido, México es vulnerable a la sequía por su ubicación geográfica. Un 66% del territorio es desértico o semidesértico, ya que se encuentra ubicado en la franja cuya latitud corresponde a los grandes desiertos del mundo (véase figura 1).

Dos terceras partes del territorio mexicano se ubican en zonas en las que, como consecuencia de la circulación natural de las masas atmosféricas y oceánicas, se ha presentado históricamente una escasa precipitación y altas temperaturas, que definen a su clima como árido o semiárido.

## Disponibilidad nacional de agua

En México, según la Semarnat (2017), el volumen de agua per cápita ha disminuido a medida que se incrementa la población; en 67 años (1950-2017) se redujo en alrededor de 79%, al pasar de 17,742 a 3,656 m<sup>3</sup>/hab. y seguirá reduciéndose. Para el año 2030 podría ser 10.1% menor respecto a 2017, pasando a 3,285 m<sup>3</sup>/hab, no solo por el crecimiento poblacional, sino también por el importante desperdicio, entre otros factores.

Para corregir esta situación se requiere una planeación eficaz, diseñar políticas y estrategias públicas, proyectar infraestructura, dar prioridad al sector agua en el gasto público y ofrecer soluciones a la sociedad para que, además de resolverse los problemas, se atienda la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Requerimos una planeación participativa, aterrizada en el plano territorial –que en el caso del agua deben ser las cuencas hidrológicas– y diferenciada de acuerdo con las condiciones agroclimáticas de cada región y microrregión del país.

La disponibilidad nacional de agua es suficiente para sostener una producción agrícola que conduzca a la seguridad alimentaria; sin embargo, el agua no siempre está en el lugar donde se necesita, con la distribución temporal para satisfacer las etapas fenológicas de los cultivos ni con la calidad requerida (véase figura 2). Una realidad es que en buena parte del territorio nacional existe una mayor demanda de agua por el crecimiento poblacional y los efectos del cambio climático, que repercuten en la cantidad, la estacionalidad y la calidad del agua; en este contexto, reviste una enorme importancia aumentar la eficiencia en el uso agrícola. A pesar de ello, en esas regiones se lleva a cabo la mayor parte de la labor industrial, comercial y de servicios, e incluso la actividad agropecuaria, que es la que utiliza aproximadamente el 76% del agua superficial y subterránea disponible.

La superficie física bajo riego es de 7.33 millones de hectáreas, de las cuales, 3.3 millones de hectáreas corresponden a distritos de riego; 4.03 millones de hectáreas a unidades de riego, y 2.83 a distritos de temporal tecnificado. La superficie sembrada bajo riego en el año agrícola pasado fue de 6.4 millones de hectáreas, de las cuales 2.9 corresponden a distritos de riego y 3.5 a unidades de riego, además de 1.8 a temporal tecnificado (véase figura 3). En esta superficie se produce aproximadamente el 70% de los alimentos que la población consume. Se han dejado de sembrar aproximadamente 2 millones de hectáreas por diferentes causas, como son: salinidad, superficie ociosa, baja rentabilidad, inseguridad en el campo, etcétera.

En los últimos años las sequías se presentan con mayor frecuencia y duración, por lo que se hace necesario implementar estrategias preventivas ante una baja disponibilidad hídrica.

En el periodo 1992-2007 se presentó en la parte mexicana de la cuenca del río Bravo una sequía que originó el incumplimiento de la entrega de agua de nuestro país a Estados Unidos en los ciclos 25, 26 y 27 de la contabilidad establecida en el Tratado de 1944, además de que al Distrito de Riego 025, Bajo Río Bravo, Tamaulipas, no se le autorizó agua en los periodos 2000-2001 y 2001-2002. En 2009 ocurrió la peor sequía en 60 años y 2010 fue el año más lluvioso del que se tenga registro; en 2011 hubo intensas y atípicas heladas, así como menor precipitación pluvial.

Las sequías se seguirán presentando en las cuencas, por lo que será necesario tomar las medidas preventivas para su atención.

### Problemática

Entre los principales problemas que afronta el sector hídrico se pueden citar los siguientes:

- La variable disponibilidad de agua en el territorio nacional.
- La dinámica poblacional de los últimos años.
- El desarrollo de las actividades económicas.
- Poca planeación de los asentamientos urbanos.
- Degradación de las cuencas por la contaminación de los cuerpos de agua.
- Sobreexplotación de los ríos, lagos y acuíferos.
- Ausencia de una política pública que garantice la seguridad alimentaria (García y Collado, 2015).
- Deforestación de las partes altas de las cuencas, los humedales y las lagunas costeras.
- Falta de consensos para adecuar el marco jurídico de la administración y la prestación de los servicios de agua a las nuevas circunstancias y demandas.
- Efectos del cambio climático, que se reflejan en sequías e inundaciones con mayor intensidad, frecuencia o duración en ciertas regiones del país.

Esta problemática hace evidente la necesidad de un manejo del agua que garantice su sostenibilidad y la soberanía alimentaria en el corto, mediano y largo plazos, a fin de satisfacer las demandas de agua y alimentos de la población actual sin comprometer a las futuras, así como para el suministro agropecuario e industrial.

### Objetivos

Ante un escenario de baja disponibilidad hídrica en los distritos y unidades de riego del país, se hace necesario

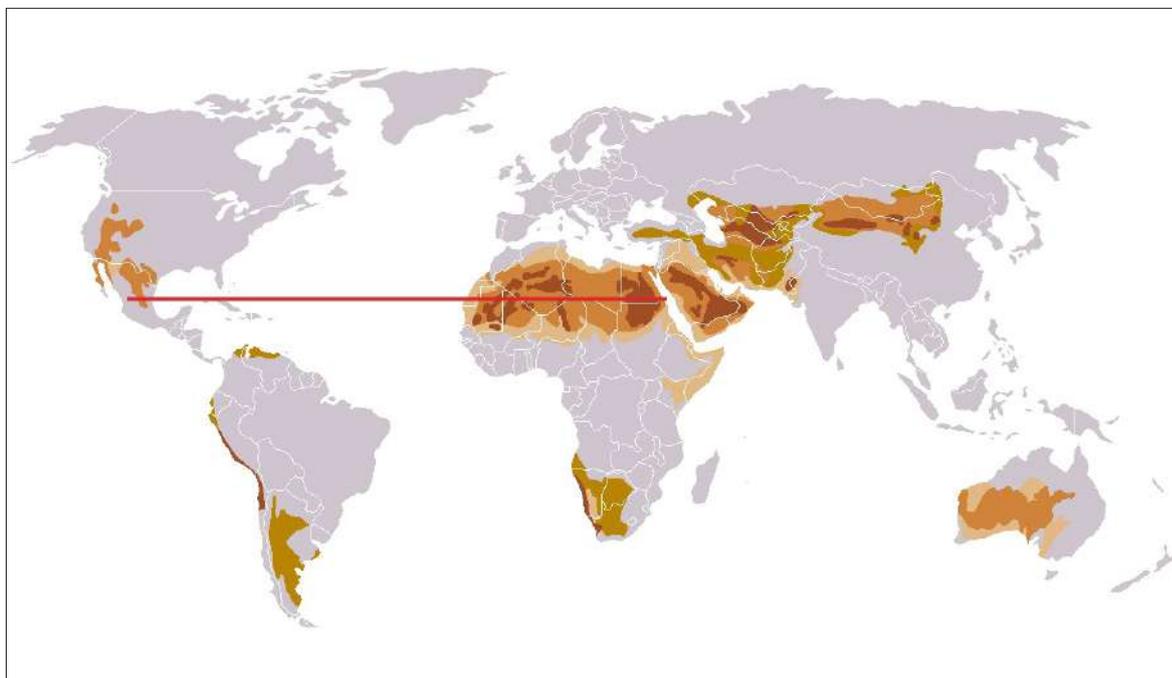


Figura 1. Localización de los desiertos del mundo.



Figura 2. Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad de agua.

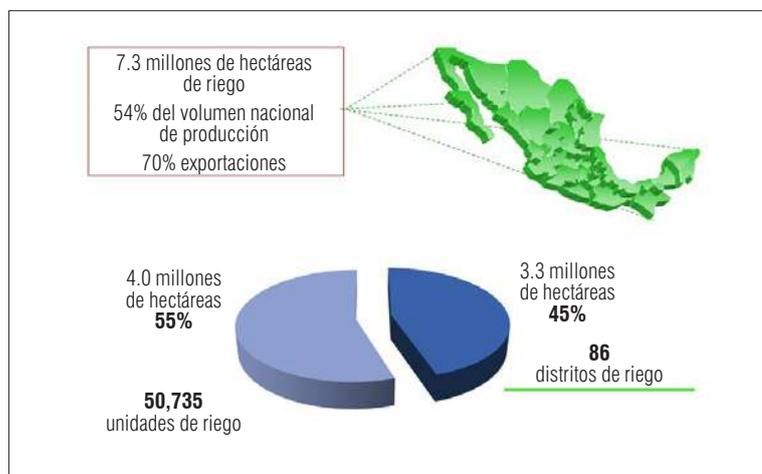


Figura 3. Superficie de riego en México.

diseñar estrategias e implementar acciones que permitan reducir el impacto social y económico, así como las consecuencias en la producción alimentaria, y reducir la posibilidad de conflictos por el déficit de agua.

El sector agropecuario, como se ha mencionado, es el que más la usa y la consume. Pero incluso en las áreas con recursos hídricos limitados o erráticos, la optimización de su uso puede hacer que la productividad y la producción agropecuaria se incrementen de manera notable.

### Estrategias y acciones a implementar

De lo hasta aquí planteado se desprende la importancia de fomentar e incrementar la tecnificación de las superficies que actualmente se encuentran bajo riego; esto y la implementación de cultivos resistentes a la sequía y que consuman menos agua permitirá disminuir el consumo del líquido en estas áreas. La rotación de cultivos también contribuirá a incrementar la productividad.

Las siguientes son algunas propuestas para hacer más eficiente el uso del agua con fines agrícolas, y podrán enriquecerse con otras.

Elaborar un proceso de planeación hídrica. Es necesario que nuestro país cuente con planes de ordenamiento territorial que consideren a la disponibilidad de agua como un elemento clave en su desarrollo; esto contribuirá a preservar las fuentes de abastecimiento de agua actualmente disponibles, entre otros beneficios. Para hacer un manejo sustentable del agua en las cuencas compartidas, se requiere:

- Mayor intercambio de información para tener un conocimiento más preciso de la situación física actual de las cuencas; es necesario actualizar los coeficientes de escurrimiento ante su degradación por las actividades humanas.
- Atención a los problemas de calidad de agua y el medio ambiente.
- Aplicación de estrategias y acciones para el control de avenidas y azolves, así como la conservación de cauces.

Para atender el crecimiento de la demanda de alimentos, México debe avanzar en dos campos: a) aumentar la productividad por unidad de tierra y b) aumentar la superficie cultivada, con una relación promedio de 70/30 entre estos dos caminos, es decir, el 70% por aumento de productividad y el 30% través del aumento de la tierra cultivable.

Es de destacarse que el planteamiento no es deforestar territorio. Se considera una ampliación de la superficie cultivada de un millón de hectáreas en cinco sexenios: 200,000 por sexenio, gran parte de lo cual se puede lograr transformando tierras de temporal tecnificado en tierras de riego, mientras otra parte sería de temporal: es el caso de Campeche, Tabasco y Chiapas, entre otros estados.

A mediano plazo, el país requerirá el aprovechamiento racional del agua disponible para riego. Se considera que existen condiciones para expandir la superficie bajo riego en alrededor de 8.3 millones de hectáreas, fundamentalmente en el sur-sureste, así como en otros estados del país con abundancia de agua, y las tierras de temporal tecnificado en otro medio millón (parte de esta última superficie pasaría a formar parte de la meta de riego).

Para llevar a cabo una eficiente planeación de estas obras de infraestructura se propone un enfoque de cuencas y subcuencas hidrológicas, ya que será la disponibilidad de los recursos agua y suelo el criterio fundamental en la determinación de la prioridad y viabilidad del desarrollo de los proyectos.

Adicionalmente, se deberá contar con una cartera amplia de nuevos proyectos, para lo cual se propone:

- Priorizar la realización de estudios que definan la factibilidad de los proyectos e identifique las inversiones necesarias y la elaboración de proyectos ejecutivos.
- Dar prioridad a proyectos ubicados en regiones con adecuada disponibilidad de agua y con menor desarrollo relativo, como es el caso del sur-sureste.

- c. La población mexicana crecerá del orden del 22% hacia el año 2050, y para satisfacer la demanda alimentaria será necesario maximizar las proporciones entre superficie sembrada y cultivable, y entre superficie cosechada y sembrada. Se sugiere desarrollarlos en un horizonte de 30 años, para lo cual será necesario incorporar al riego unas 200 mil hectáreas por sexenio, lo que implica, en promedio, asignaciones presupuestales anuales del orden de los 12.6 mil millones de pesos.
- d. Deberán integrarse en la planeación otras obras complementarias de infraestructura, como almacenamiento de las cosechas (bodegas, silos, almacenes de granos, etc.) y de transporte, como son los caminos, puentes y otras estructuras menores, así como incentivar el establecimiento de agroindustria y empresas comercializadoras que apoyen un desarrollo sustentable. Deberán incluirse otras acciones e infraestructuras para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población en materia de educación, salud y bienestar en general.

Definir la política óptima de operación de las presas y de otras fuentes de abastecimiento en los distritos y unidades de riego y de temporal tecnificado considerando el agua tanto para la agricultura como para los demás usos.

Impulsar la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y la transferencia de tecnología, así como la capacitación técnica y administrativa y el acompañamiento empresarial. Esta investigación deberá encaminarse hacia la producción de semillas que requieran menos consumo de agua y sean más resistentes a los cambios climáticos.

Una vez analizados y aprobados por las autoridades en los comités hidráulicos de cada distrito de riego los planes de riego correspondientes, dar seguimiento a las extracciones de las presas y otras fuentes de abastecimiento de acuerdo con los volúmenes concesionados.

Fomentar e implementar el uso de aguas residuales tratadas a través del intercambio de aguas blancas por aguas tratadas que puedan utilizarse, de acuerdo con la NOM mexicana, para la agricultura de riego en cultivos resistentes a estas.

Deberá implementarse una estrecha coordinación entre los tres niveles de gobierno y los usuarios de los distritos y unidades de riego para establecer las estrategias que más convengan en los aspectos técnicos, sociales y económicos.

Un aspecto muy importante es la seguridad física en el campo, para que los productores desarrollen sus labores con mayor eficiencia.

En cada región, entidad federativa y distritos y unidades de riego deberá definirse qué tipo de acciones se pueden implementar en función de la disponibilidad de agua, de sus fuentes de abastecimiento, el estado físico de la infraestructura hidroagrícola, el nivel tecnológico

► En el periodo 1992-2007 se presentó en la parte mexicana de la cuenca del río Bravo una sequía que originó el incumplimiento de la entrega de agua de nuestro país a EUA en los ciclos 25, 26 y 27 de la contabilidad establecida en el Tratado de 1944, además de que al Distrito de Riego 025, Bajo Río Bravo, Tamaulipas, no se le autorizó agua en los periodos 2000-2001 y 2001-2002. En 2009 ocurrió la peor sequía en 60 años y 2010 fue el año más lluvioso del que se tenga registro; en 2011 hubo intensas y atípicas heladas, así como menor precipitación pluvial. Las sequías seguirán presentándose en las cuencas, y será necesario tomar medidas para su atención.

y organización de los usuarios, la disponibilidad presupuestal y las experiencias que se hayan generado localmente en otros periodos de baja disponibilidad de agua.

Para realizar lo anterior se requiere una gran inversión, lo cual representa un enorme reto. Por ello será necesario aplicar esquemas de financiamiento adecuados que incluyan mezcla de recursos fiscales, estatales, municipales y de los productores; probablemente habrá que recurrir a financiamientos internos y externos para cubrir la totalidad de las necesidades de recursos.

Por lo anterior, será indispensable una coordinación entre las instituciones federales, estatales y municipales y las organizaciones de usuarios para desarrollar modelos de producción que aseguren una mayor competitividad en el contexto nacional e internacional, y aprovechar la posición estratégica del país frente al mercado global.

Finalmente, se visualiza un campo en cuyas cuencas hidrológicas se actúe íntegramente: desde las partes altas, con programas de reforestación exitosos, con actividades agropecuarias y tecnologías amigables con la naturaleza, evitando la sobreexplotación de nuestros acuíferos y el desperdicio del agua.

## Conclusión

El agua es un derecho humano, y no un bien económico. Por lo tanto, es materia del Estado, lo que implica necesariamente la participación de las autoridades federales, estatales y municipales, de la sociedad en su conjunto y de los profesionales ligados al sector agropecuario. Es una gran oportunidad para que el Colegio de Ingenieros Civiles de México participe de manera importante en todo el proceso de planeación y elaboración de proyectos hidroagrícolas. Solo con la suma de esfuerzos, talentos, voluntades y recursos podrá garantizarse el abastecimiento de agua para las generaciones actuales y futuras, así como el desarrollo sustentable del país 

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escríbanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)

# Planta de carbonización de la CDMX

La Ciudad de México camina hacia la transición energética con un proyecto integral y ambiental que utiliza los residuos orgánicos urbanos y a través de un proceso de gasificación los convierte en generadores de energía.

al día para producir 300 toneladas de hidrocarbón al completarse la última etapa de su desarrollo.

La vida útil de este proyecto se estima de 32 años, tiempo durante el cual se contempla el desarrollo de cuatro etapas de crecimiento. Las fases se irán creando de conformidad con los resultados de cada una de ellas y dependiendo de la demanda de *pellets* de hidrocarbón (biocombustible).

## Instalaciones

Las instalaciones de la Planta de Carbonización Hidrotermal se cimentaron sobre un polígono con una superficie total de 8.51 ha; sin embargo, su aprovechamiento se hará de acuerdo con las etapas de crecimiento. La primera etapa ocupa un espacio de 0.208 ha; el área restante (8.302 ha) se utiliza para movimientos y maniobras y será aprovechada para crecimiento a futuro (véase figura 1).

En esta zona existen características geológicas difíciles que requieren obra civil especializada. Por ello, para el diseño de cimentaciones y la superestructura requerida en este proyecto se realizó un estudio de mecánica de suelos donde se determinaron las características físicas del sitio (capacidad de carga, estratigrafía, nivel freático, etc.) y se propusieron dos soluciones de cimentación. Con base en los resultados de mecánica de suelos, las propuestas de cimentación y el conocimiento de los pesos de los diversos equipos, un despacho de diseño estructural determinó que la ci-

JESÚS ANTONIO  
**ESTEVA MEDINA**  
Titular de la  
Secretaría de  
Obras y Servicios.  
Gobierno de la  
Ciudad de México.

**Ubicada en el Bordo Poniente** de la capital, la Planta de Carbonización Hidrotermal forma parte del Plan de Acción Basura Cero, presentado en el año 2019 por el Gobierno de la Ciudad de México. Este complejo representa una solución innovadora que establece un precedente en América Latina en cuanto al manejo de residuos orgánicos para mitigar el cambio climático.

Con esta tecnología, por cada tonelada de hidrocarbón que se produce en la planta se está evitando que aproximadamente 11 toneladas de dióxido de carbono se emitan a la atmósfera.

Con una inversión de 300 millones de pesos, la Secretaría de Obras y Servicios (Sobse) en conjunto con el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II UNAM), la Secretaría de Energía (Sener) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) desarrolló este proyecto autosuficiente de regeneración ambiental, con la meta de procesar 2,400 toneladas de residuos



Figura 1. Vista de las instalaciones de la Planta de Carbonización Hidrotermal en el Bordo Poniente de la Ciudad de México.

mentación sería de concreto reforzado y la superestructura de acero.

En esta primera fase se instalaron dos reactores HTC (*hydro thermal carbonization*) para la producción del hidrocarbón, además de todo el equipo que se requiere para su operación, como equipos de pretratamiento, de control y monitoreo; para el secado y peletizado del hidrocarbón.

Para cualquier construcción futura en este complejo, nuevamente se realizarán estudios de mecánica de suelos y la distribución del inmueble se edificará de acuerdo con el diseño estructural de una nave industrial.

La Planta de Carbonización Hidrotermal es única en su tipo, ya que no existe registro de otra con este formato de procesamiento de materias orgánicas. Tiene la capacidad de transformar, en su fase inicial, 72 t de materia orgánica húmeda al día y 25 t de materia orgánica seca, para producir en total 8.7 t de hidrocarbón, considerado un combustible con cero emisiones de gases de efecto invernadero, que podrá utilizarse en plantas hidroeléctricas y termoeléctricas.

### Operación y funcionamiento

El Bordo Poniente recibe el 98% de los residuos orgánicos urbanos que se generan en la Ciudad de México; aproximadamente se producen 4,500 toneladas por día. Estos desechos biodegradables y de rápida descomposición se clasifican en húmedos (de origen animal o vegetal que se generan en casas, mercados o restaurantes, como desechos de frutas, verduras y comida) y secos (residuos de madera que se obtienen, por ejemplo, de la poda de árboles).

Las instalaciones están diseñadas para llevar a cabo el proceso de carbonización hidrotermal a través de una técnica de conversión de biomasa en carbón mediante la aplicación de calor y presión en un medio acuoso (véase figura 2).

El ciclo de carbonización hidrotermal comienza con la recepción de los residuos orgánicos: se realiza una preselección para eliminar materiales como plástico, vidrio y metal, entre otros no permitidos en el proceso pero que pueden ser utilizados en otros procesos.

Pretratamiento: antes de introducir los residuos orgánicos en los reactores HTC, se eliminan las bolsas de polietileno que a menudo contienen a los residuos, y se pasan a la prensa secante para disminuir el 50% de humedad.

Carbonización hidrotermal: es la etapa clave del proceso y se lleva a cabo a través de un reactor HTC, donde los residuos orgánicos húmedos se trituran y se someten a condiciones de alta temperatura y presión. El funcionamiento de este sistema se da a través de bombas hidráulicas de presión para mantener las condiciones de presión dentro del reactor; un sistema de válvulas para introducir los residuos orgánicos, un sistema de precalentamiento que garantice la temperatura adecuada y un sistema de válvulas de salida que permiten



Figura 2. Instalaciones para llevar a cabo el proceso de carbonización hidrotermal.



Figura 3. Se trata de un proceso rápido, ágil y cerrado y no libera vapores ni olores.

que el hidrocarbón sea extraído a presión atmosférica del reactor HTC.

Dentro de los reactores ocurre un proceso termoquímico en el que la pulpa de la basura orgánica, con alto contenido de humedad, se somete a condiciones de temperatura de entre 180 y 250 °C y a una presión de 20 a 25 atmósferas, de modo que la pulpa se convierte en carbón estructurado o hidrocarbón.

Como producto principal se obtendrá un lodo de hidrocarbón con aproximadamente 80% de humedad, y como producto secundario, agua de proceso rica en nutrientes, la cual puede servir como restaurador de suelos.

El postratamiento es la etapa final del proceso. Aquí se seca y compacta el hidrocarbón y se deja listo para su uso posterior. En esta etapa se somete a un tratamiento de filtro-prensa, posteriormente a un equipo de secado térmico para después compactarlo en un densificador, del cual salen los pellets de hidrocarbón, que son el producto final de todo el proceso HTC.



Figura 4. Pellets de carbón producidos en la Planta de Carbonización Hidrotermal.

► El Bordo Poniente recibe el 98% de los residuos orgánicos urbanos que se generan en la Ciudad de México; aproximadamente se producen 4,500 toneladas por día. Estos desechos biodegradables y de rápida descomposición se clasifican en húmedos (de origen animal o vegetal que se generan en casas, mercados o restaurantes, como desechos de frutas, verduras y comida) y secos (residuos de madera que se obtienen, por ejemplo, de la poda de árboles). Las instalaciones están diseñadas para llevar a cabo el proceso de carbonización hidrotermal a través de una técnica de conversión de biomasa en carbón.

#### Tecnología diseñada por mexicanos

Los dos reactores de carbonización hidrotermal HTC son el componente central de esta planta. Se trata de dos cilindros de aproximadamente 18 metros de altura diseñados para soportar altas temperaturas, de hasta 250 °C, y una presión de 25 atmósferas para transformar, en un tiempo de entre 6 y 8 horas, la basura orgánica en pulpa de carbón.

Están equipados con sistemas de calentamiento que suministran energía térmica para elevar la temperatura del agua y la biomasa. Cada reactor incluye mezcladores para asegurar una distribución homogénea de la biomasa y facilitar la reacción química; es un proceso rápido, ágil y cerrado y no libera vapores ni olores (véase figura 3).

Por otro lado, la tecnología de los paneles de control de temperatura y presión (sensores de temperatura y presión, válvulas de control y sistemas de enfriamiento) permiten ajustar y regular los parámetros del proceso.

La operación y monitoreo de los procesos en la planta carbonizadora se realiza con lentes de realidad virtual, lo que permite que en todo momento se conozca el informe del funcionamiento de la planta.

Esta planta genera su propia energía para sustentar el proceso de carbonización hidrotermal; la energía se genera a través de un procedimiento de gasificación, que consiste en la conversión termoquímica de los residuos orgánicos secos con ayuda de un agente oxidante, para producir un gas comúnmente conocido como syngás, que puede ser utilizado como combustible. Este sistema permitirá generar la energía eléctrica y térmica para todo el proceso de HTC y otros insumos energéticos requeridos por la planta.

El carbón vegetal que se produce en este complejo (véase figura 4) tiene la capacidad de reemplazar al carbón mineral, uno de los principales responsables del cambio climático debido a que en su combustión se emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Se estima que las primeras 100 toneladas de hidrocarbón se produzcan para finales de 2023. El material tendrá las características físicas necesarias para ser utilizado como combustible, que será destinado a la Central Termoeléctrica de Petacalco, ubicada en el estado de Guerrero, para sustituir los combustibles de origen fósil.

#### Conclusiones

Uno de los retos centrales de la administración de la Ciudad de México es el Plan de Acción Basura Cero, el cual contempla la creación de nueva infraestructura para hacer frente a las acciones de reducción, aprovechamiento y reintegración de residuos a otras cadenas de valor que promuevan una economía circular en la ciudad. En ese contexto se inscribe la planta de carbonización.

Esta primera fase de la planta representa un proyecto piloto de escala industrial para procesos de carbonización hidrotermal enfocados en el manejo de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, lo que actualmente genera un ahorro de alrededor de 15 millones de pesos en el manejo de la basura en la Ciudad de México.

Adicionalmente, al cambiar las prácticas de manejo de residuos en la ciudad, este proyecto reduce las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), gas de efecto invernadero 30 veces más potente que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), generadas dentro de los terrenos de la Planta de Composta del Bordo Poniente.

La naturaleza modular con la cual se concibió, diseñó y construyó la primera fase de la Planta de Carbonización Hidrotermal se mantendrá hasta la fase final de 36 módulos que procesarán 2,500 t de residuos al día y producirán 300 t de hidrocarbón para atender necesidades en un rango amplio de requerimientos. Esto coloca a México a la vanguardia en el concierto mundial en el manejo de residuos orgánicos, al evitar la emisión de cerca de un millón de toneladas de dióxido de carbono equivalente al 10% de las emisiones totales de la Ciudad de México 

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a [helios@heliosmx.org](mailto:helios@heliosmx.org)



Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México A.C.



XXXIX CONSEJO  
DIRECTIVO

# CONVOCATORIA

## PERITOS PROFESIONALES EN TÚNELES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS

Fecha límite de entrega de documentos:  
**Lunes 16 de Octubre,**  
antes de las 15:00 hrs

Consulta nuestras bases en la convocatoria publicada en:  
[cicm.org.mx/certificacionprofesional/](http://cicm.org.mx/certificacionprofesional/)



Informes: **Lic. Fabiola Nateras**

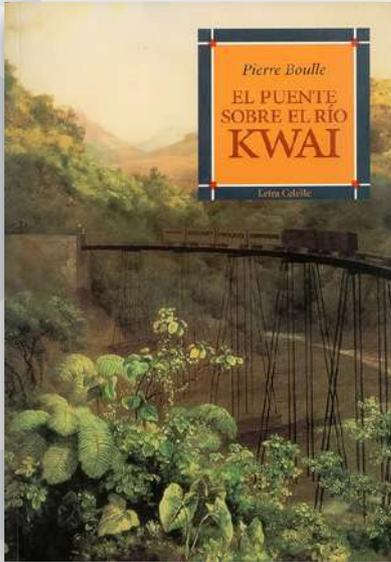


Tel: 5556062323 ext. 135



Correo: [certificacion@cicm.org.mx](mailto:certificacion@cicm.org.mx)

# El puente sobre el río Kwai



**Pierre Boulle**  
**Celeste, 1952**

**Ubicada durante la Segunda Guerra Mundial**, en esta novela Boulle narra las tribulaciones de una tropa de soldados ingleses que, habiendo sido apresados por el ejército japonés, deben construir un puente sobre el río Kwai en Tailandia, en mitad de la selva, para unir por ferrocarril el golfo de Bengala con Bangkok y Singapur, lo que facilitará la presencia de los soldados japoneses en los lugares claves de la guerra.

El coronel Nicholson, al mando de los prisioneros, utiliza lo mejor de sí mismo para construir el puente, mientras un comando inglés, entrenado especialmente para destruirlo, aguarda en la selva el momento oportuno. Nicholson, "imbuido de militarismo tradicional y de racismo, pretende demostrar su superioridad personal, nacional y racial por medio de la construcción de un puente que, en realidad, ha de favorecer la expansión del enemigo y la multiplicación de muertes en las fuerzas aliadas". Boulle construye esta novela con el propósito de destacar lo absurdo de las guerras. La trama sugiere una estructura metafórica para mostrar que el ser humano construye y destruye sucesivamente, al tiempo que pierde de vista si actúa en beneficio o en perjuicio propio 

## 2023

Octubre 19

### **6º Simposio Internacional de Cimentaciones Profundas y Mejoramiento de Suelos**

Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica  
Ciudad de México  
[www.smig.org.mx](http://www.smig.org.mx)

Noviembre 6 al 12

### **XVIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil**

Asociación Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil y Asociación Latinoamericana de Estudiantes de Ingeniería Civil  
Puebla, México  
[www.coleicoficial.com/events/2023](http://www.coleicoficial.com/events/2023)

Noviembre 7 al 9

### **Congreso Mundial Smart City Expo**

Barcelona, España  
[www.smartcityexpo.com/the-event](http://www.smartcityexpo.com/the-event)

Noviembre 9 al 12

### **XXXII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil**

Asociación Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil  
Puebla, México  
[aneic.mx/historico/coneic](http://aneic.mx/historico/coneic)

Noviembre 14 al 16

### **Intertraffic México**

RAI Amsterdam  
Ciudad de México  
[www.intertraffic.com/es/mexico](http://www.intertraffic.com/es/mexico)

Noviembre 15 al 17

### **Expo Transporte ANPACT**

Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C.  
Guadalajara, México  
[www.expotransporte.org](http://www.expotransporte.org)

Noviembre 17 al 18 de noviembre

### **8º Coloquio de Jóvenes Geotecnistas y 1er Encuentro de Capítulos Estudiantiles**

Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica  
Puebla, México  
[www.smig.org.mx](http://www.smig.org.mx)

Noviembre 22 al 25

### **SMOPYC 2023**

Salón Internacional de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería  
Zaragoza, España  
[www.feriazaragoza.es/smopyc-2023](http://www.feriazaragoza.es/smopyc-2023)

# Hyatt Regency Mexico City

asegura energía ininterrumpida

# 24/7

con EcoStruxure™



50%

de reducción en los tiempos de servicio y mantenimiento para todas las subestaciones.



Mayor satisfacción del huésped gracias al proyecto de modernización.



Reducción del 3%  
en el consumo de electricidad.



Life Is On

Schneider  
Electric



Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México A.C.



**32<sup>o</sup> CONGRESO NACIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL**  
SOSTENIBILIDAD | PLANEACIÓN | MANTENIMIENTO

**14-16 NOV  
2023**

Sede:  
Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México

País invitado: España



**¡Regístrate  
y participa!**



Sostenibilidad



Planeación



Mantenimiento



[www.congresocicm.com](http://www.congresocicm.com)

Síguenos



CICMComunidadVirtual



Colegio de Ingenieros Civiles de México



CICMoficial