

**IC**  
INGENIERIA  
CIVIL



Colegio de  
Ingenieros  
Civiles de  
México, A. C.



**32º CONGRESO NACIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL**  
SOSTENIBILIDAD | PLANEACIÓN | MANTENIMIENTO

14 - 16 noviembre 2023



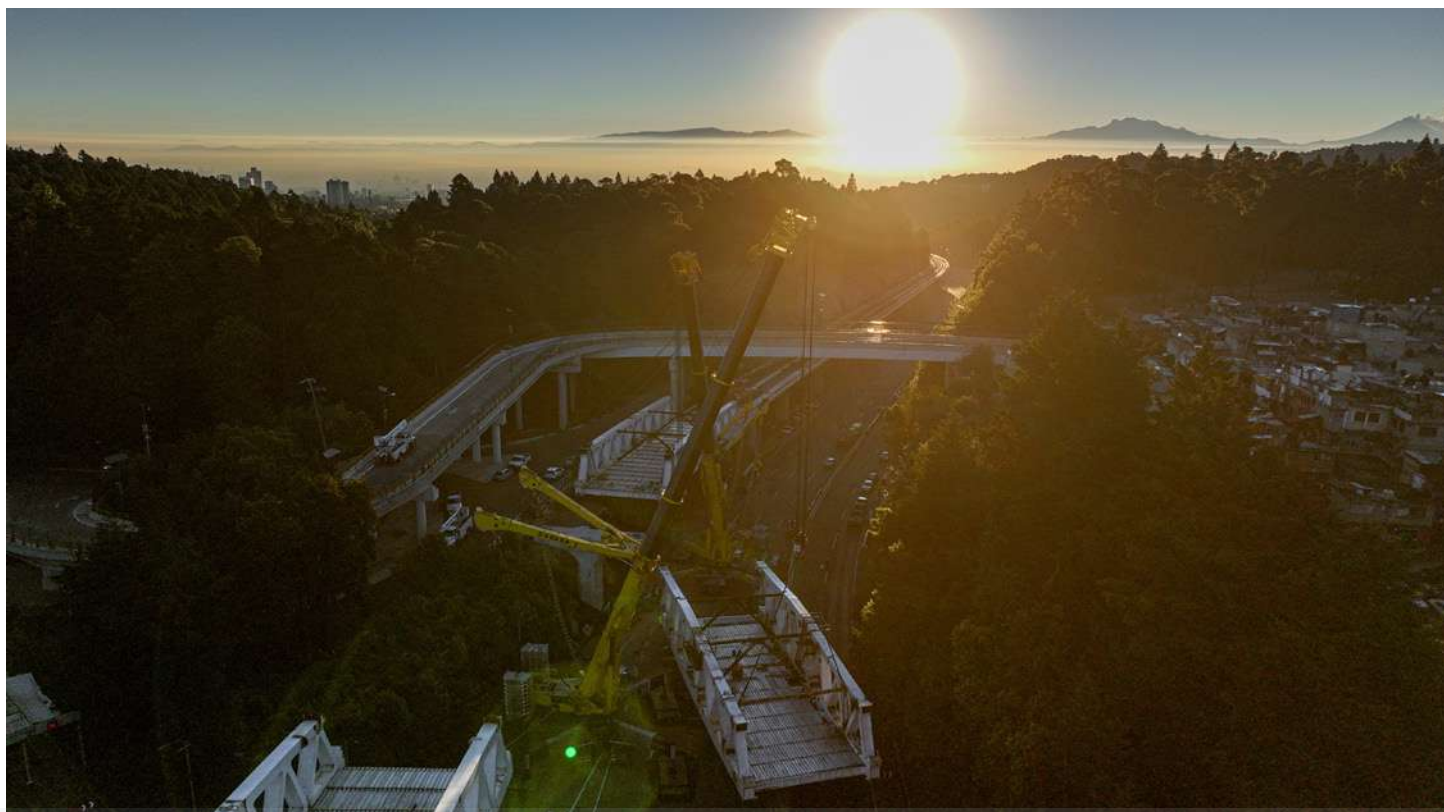
Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México A.C.

Sede Colegio de  
Ingenieros Civiles de México

645 / AÑO LXXIII / SEPTIEMBRE 2023  
\$60

**El camino al desarrollo  
sostenible se traza sobre  
una infraestructura sólida**





## 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.**



# 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 645, septiembre de 2023



Acerca de la portada. Foto: Freepik

**10** INGENIERÍA VIAL / **LOS INGENIEROS Y SU PAPEL EN LA SEGURIDAD VIAL** / RITA BUSTAMANTE ALCÁNTARA

**14** INGENIERÍA GEOTÉCNICA / **DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES EN EXCAVACIONES HECHAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO** / FELIPE DE JESÚS JIMÉNEZ RAMÍREZ Y WALTER PANIAGUA ZAVALA

**20** TEMA DE PORTADA: PLANEACIÓN / **EL CAMINO AL DESARROLLO SOSTENIBLE SE TRAZA SOBRE UNA INFRAESTRUCTURA SÓLIDA** / LUIS E. MONTAÑEZ CARTAXO

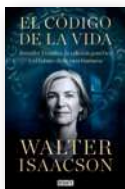
**26** HIDRÁULICA / **INDICADORES DE GESTIÓN HÍDRICA EN UNA REGIÓN TRANSFRONTERIZA DE MÉXICO** / JESÚS LOREDO RASGADO

**30** HIDRÁULICA / **PRIORIDAD DEL AGUA ANTE SU CADA VEZ MENOR DISPONIBILIDAD** / KAMEL ATHIE FLORES

**36** TRÁNSITO Y TRANSPORTE / **LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL COMERCIO Y EL TRANSPORTE** / HÉCTOR LÓPEZ GUTIÉRREZ

**39** CULTURA / **SERIE LA MENTE EN POCAS PALABRAS**

**40** **LIBRO EL CÓDIGO DE LA VIDA** / WALTER ISAACSON



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  
Felipe Ignacio Arreguín Cortés

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 645, septiembre 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 agosto 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.





# **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 Cartago  
Juan José Orozco y Orozco  
Juan Carlos Santos Fernández  
Óscar Solís Yépez  
Guadalupe Monserrat Vázquez Gámez  
Jesús Felipe Verdugo López  
José Santiago Villanueva Martínez

# ¡Nos vemos en el 32 Congreso Nacional de Ingeniería Civil!

**N**os complace extenderles una cordial invitación al 32 Congreso Nacional de Ingeniería Civil (32 CNIC), un encuentro que se está realizando desde hace meses a lo largo y ancho del país con reuniones regionales, entre otras diversas actividades, y cuyas jornadas finales se llevarán a cabo del 14 al 16 de noviembre en las instalaciones del CICM. Este año se enfoca especialmente en la sustentabilidad, la planeación y el mantenimiento, temas cruciales para nuestra profesión, el presente y futuro de nuestro país.

A este congreso asistirán destacados expertos y líderes en estos temas, quienes compartirán sus conocimientos y experiencias. Será una oportunidad única para explorar las tendencias actuales, las mejores prácticas y tecnologías innovadoras que están transformando la ingeniería civil.

Al participar activamente en estas jornadas finales del 32 CNIC, los asistentes no solo estarán ampliando sus horizontes profesionales, sino que también contribuirán al avance de nuestra disciplina y al desarrollo sostenible de México. La participación de cada ingeniero civil y profesional vinculado al desarrollo de infraestructura es fundamental para el éxito de este congreso.

Les invitamos a no perderse esta excelente oportunidad de ser parte de una experiencia enriquecedora y de comunicarse e interactuar personalmente con colegas apasionados por la ingeniería civil. Les animamos a registrarse pronto y a compartir esta invitación con sus compañeros de la comunidad de ingenieros civiles y de profesiones afines.

Juntos, profesionales del sector infraestructura del ámbito gubernamental, empresarial y académico, podemos construir un futuro más sostenible y avanzado. Esperamos contar con su presencia en el 32 Congreso Nacional de Ingeniería Civil.

Jorge Serra Moreno  
*Presidente del XXXIX Consejo Directivo*

# El cambio climático, la sobreexplotación de los mantos acuíferos

y sus efectos en la infraestructura civil  
de la Ciudad de México

La infraestructura de la Ciudad de México está siendo afectada por los efectos del cambio climático, que se manifiestan como heladas, inundaciones, deslizamientos de tierra, sobrecarga de agua y sequías, todo ello aunado a las repercusiones de la sobreexplotación de los mantos acuíferos a partir de la subsidencia, como son los cambios en las propiedades dinámicas del suelo, grietas de tensión así como asentamientos diferenciales y emersión aparente de los edificios.

SILVIA  
**GARCÍA BENÍTEZ**  
Ingeniera civil,  
maestra y doctora  
en Geotecnia.  
Investigadora titular  
A del Instituto de  
Ingeniería de la  
UNAM desde hace  
más de 20 años.  
Asesora y consultora  
del Gobierno de la  
CDMX.

RENATO  
**BERRÓN RUIZ**  
Ingeniero civil,  
maestro en  
Estructuras y doctor  
en Ingeniería.  
Corresponsable  
en Seguridad  
Estructural desde  
1999 con más de  
20 años de  
experiencia en el  
campo del diseño  
estructural. Director  
general del Instituto  
para la Seguridad de  
las Construcciones  
de la Ciudad de  
México.

**Los humanos somos** los mayores responsables del calentamiento global de los últimos 200 años. Ciertas actividades producen gases de efecto invernadero que han elevado la temperatura promedio de la Tierra 1.1 °C sobre la registrada a finales del siglo XIX, y más que en cualquier otro momento de los últimos 100,000 años. Se piensa que el cambio climático significa principalmente temperaturas más cálidas, pero este es solo el comienzo de la historia. Debido a que la Tierra es un complejo sistema interconectado, ciertas alteraciones en estados o regiones pueden influir generando sequía, disminución de los recursos hídricos, reducción de las capas de hielo, inundaciones y erosión en las zonas costeras, acidificación de los océanos, aumento del nivel del mar, disminución de la biodiversidad y exacerbación de fenómenos meteorológicos.

Cada centro urbano experimenta el cambio climático de forma particular, y el grado de afectación se asocia a las capacidades de sus sistemas de alimentación, vivienda, seguridad y trabajo. Las ciudades son espacios complejos en los que se dan múltiples formas de interacción que, frente a la problemática climática, deben ser controlados en al menos tres aspectos: emisiones, vulnerabilidad y capacidad de respuesta.

## Efectos del cambio climático en el subsuelo

Es un hecho que el calor aumenta debido a la urbanización. El fenómeno *isla de calor*, que es la elevación loca-

lizada de la temperatura en entornos urbanos respecto al área rural circundante, se presenta particularmente en grandes ciudades “de concreto”, por la dificultad para disipar el calor durante las horas nocturnas, ya que los edificios y el asfalto desprenden por la noche el calor acumulado durante el día. Su efecto genera el aumento de los extremos de calor en el verano y de los de frío en invierno; además, provoca cambios de temperatura subterránea, así como la deformación del suelo, las rocas y los materiales de construcción, por la variación excesiva de la temperatura, lo que afecta el desempeño de la infraestructura civil.

Para conocer el nivel de anomalías causadas por el calor subterráneo, se debe realizar la instalación estratégica de sensores de temperatura acoplados a redes que detecten deformaciones y desplazamientos, para medir su compatibilidad con los requisitos operativos de las estructuras civiles. Para registrar, analizar e interpretar adecuadamente los impactos, los tiempos en activo de estas redes deben ser largos para contemplar estados contradictorios.

Si nos concentramos en las áreas más pobladas de la CDMX que están enfrentando incrementos de temperatura, se infiere que sus suelos deben estar deformándose por calor, pero esta consecuencia se intensifica cuando se combina con otros efectos del cambio climático.

Las inundaciones, las altas temperaturas, las granizadas y las tormentas eléctricas afectan el funcionamien-

to de la CDMX. El perjuicio es relativo a los estados de capacidad de respuesta de cada sitio. La verificación de las secuelas y las estrategias para minimizarlas es tarea instalada en diferentes órganos de gobierno e instituciones de investigación científica, pero la lectura y análisis de los efectos indirectos de los cambios en el clima sobre los estados de las masas de suelo y roca, cimientos de las obras civiles, presenta grandes complicaciones. Para aumentar la resiliencia de las urbanizaciones capitalinas, los planificadores deben desarrollar alternativas de refuerzo y adaptación de la infraestructura sometida a estas nuevas circunstancias.

### Efectos del cambio climático en la sobreexplotación de los mantos acuíferos

En lo que va de este 2023, varios estados de la República mexicana han registrado incrementos de temperatura con respecto a su temperatura media anual durante semanas, con sensación térmica que llega a ser mayor que 45 °C (a la intemperie). El calor intenso se ha asociado al cambio climático y se pronostica que el riesgo de eventos extremos de temperatura y lluvia aumentará significativamente. En este contexto de calor extremo, debe considerarse la sequía y la necesidad de dotar agua potable a los capitalinos. Más del 60% del agua que se utiliza en la CDMX se extrae del sistema acuífero de su zona metropolitana a una tasa del doble de lo que se recarga de manera natural. La carga del acuífero ocurre naturalmente a través de mecanismos de infiltración (precipitación pluvial, escurrimientos superficiales o agua almacenada), pero los cambios en la cubierta vegetal, la erosión del suelo y la sequía disminuyen o anulan estos procesos. El acuífero sobreexplotado de la CDMX tiene síntomas absolutos de abatimiento: incremento de tasa/costos de bombeo, desaparición de salidas de manantiales y detrimento de la calidad del agua.

### Efectos de la sobreexplotación de los mantos acuíferos sobre la infraestructura

El incremento de calor y la sequía generan más demanda de agua, lo que agrega presión para explotar nuevos acuíferos subterráneos más distantes a altos costos o apostar por extraerla en mayor cantidad de los ya conocidos, siendo esta segunda por la que se ha optado, situación que modifica al acuitardo arcilloso que separa a la ciudad del acuífero. La extracción deforma los suelos y provoca problemas en la red de agua potable y drenaje, además de cambiar la respuesta de las masas que soportan a las superestructuras, pues les genera esfuerzos adicionales.

Cuando el límite de falla de las estructuras es rebasado, el colapso de la infraestructura podría darse en cualquier momento. Esta catástrofe en cámara lenta amenaza la estabilidad de los edificios y las instalaciones subterráneas de forma alarmante, y resulta indispensable la intervención gubernamental.

La exposición es creciente y compleja de evaluar. Por ejemplo, la extracción de agua subterránea hace que los

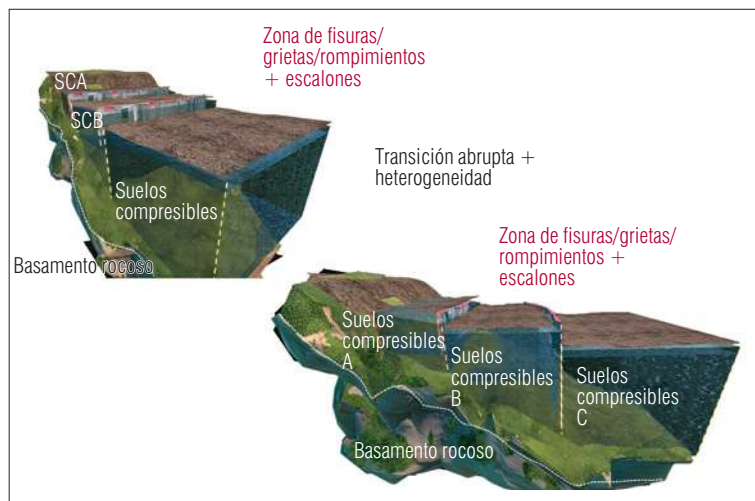


Figura 1. Esquema del sistema base-suelos compresibles en la transición abrupta de la CDMX; se superponen los efectos por gradiente en la base y coeficientes de compresibilidad erráticos.

suelos debajo de ciertas áreas se hundan más que las circundantes, y esto provoca que las alcantarillas colapsen y provoquen inundaciones, con un alto costo económico.

En zonas sísmicas, respecto al efecto de subsidencia como indicador de exposición potencial, se ha verificado que los suelos saturados con agua subterránea son más estables que los suelos desestabilizados por la extracción de esta, es decir, tienen mayor probabilidad de cambiar sus características cuando ocurre un terremoto, puesto que la carga dinámica debe asociarse a un suelo menos estable.

### Hundimiento regional y asentamientos diferenciales

Los cambios superficiales asociados con la sobreexplotación de los acuíferos se generan porque las capas compresibles, a medida que se extrae el agua, reducen su presión de poro, y cambian así el esfuerzo efectivo que sobre ellas ejercen las capas superiores del terreno y precipitan la consolidación, situación a menudo irreversible. Así, se reduce el volumen total de limos y arcillas y la superficie del terreno desciende. El daño en la superficie es mayor si hay asentamientos diferenciales, sumideros o fisuras (véase figura 1).

El hundimiento sostenido del terreno genera que el potencial de almacenamiento de agua se reduzca significativamente, puesto que la extracción de agua subterránea y la consiguiente disminución del nivel freático causan la compactación permanente de capas de sedimentos finos (limos y arcillas). Algunos estudios indican, que aun deteniendo la sobreexplotación de los mantos acuíferos, la superficie terrestre continuaría hundiéndose durante décadas.

Las capas heterogéneas con tasas de compresibilidad erráticas se deforman con patrones difíciles de reconocer y corregir con soluciones de cimentación simplistas. Actualmente hay que sumar el efecto del calentamiento

con asentamientos diferenciales que se agravan por el debilitamiento del suelo, pérdida local de agua o complejos túneles de erosión (véanse figura 2a y 2b).

La falla de las instalaciones subterráneas por el desplazamiento debido a los asentamientos diferenciales de los suelos genera problemas en el funcionamiento de la CDMX y provoca daños económicos, sociales y ambientales (véase figura 3a). Otro tipo de fallas ligadas a estos suelos pueden ser: pozos de extracción o inyección cuya estructura de revestimiento cede o se derrumba; oleoductos y gasoductos que se rompen y permiten la fuga de las sustancias que conducen, con efectos secundarios no deseables; fugas de agua (residual y potable) que erosionan el suelo y generan cavernas cuyos techos podrían colapsar (véase figura 3b).

Con respecto a la infraestructura, esta pierde verticalidad por los efectos de la subsidencia o por una grieta. Se ha observado que los hundimientos diferenciales de los edificios que no cuentan con una cimentación rígida generan deformación de sus elementos estructurales; los agrietan, los debilitan y pueden llegar a exceder su resistencia y ocasionar la inestabilidad o el colapso de los edificios (véase figura 4a).

Para el caso de edificios con cimentación rígida, se hunden diferencialmente como cuerpo rígido; se genera

el efecto  $P-\Delta$ , que incrementa los esfuerzos en los elementos estructurales. Por otro lado, se reduce la separación de colindancia con el edificio vecino y se corre el riesgo de golpeteo durante un sismo (véase figura 4b).

### Emersión

Este fenómeno se da cuando las cimentaciones no descienden conforme se comprimen las capas de suelo circundante donde se desplantan. Cuando la región alrededor de un edificio se hunde y este no puede seguir la deformación de la masa del suelo por estar apoyado en una Capa Dura que no se desplaza con la misma velocidad, el edificio emerge aparentemente con respecto a su alrededor (véase figura 5a).

El problema no se da únicamente en cuanto a la operación del edificio (grandes desniveles), sino que existe una alteración en su seguridad estructural. En estas condiciones, las cimentaciones que no descienden quedarán desprovistas del material que las confina: tanto las losas de cimentación como las contratraves, pilas y pilotes. Estos últimos elementos trabajarán como columnas que deberán resistir el cortante basal que genera el sismo (véase figura 5b), condición para la que no fueron diseñados. Por otra parte, las losas de cimentación y contratraves trabajarán en el sentido



Figura 2. a) Grieta en la transición abrupta de la CDMX, aparición súbita durante la temporada de calor; b) Escalón en la CDMX formado durante el terremoto de 2017.



Figura 3. a) Colapso de túnel ocasionado por fuga en drenaje en CDMX; b) Colapso de túnel ocasionado por ondas sísmicas, 19/09/2017.





Figura 4. a) Edificio con pérdida de la vertical: asentamiento diferencial, deformación de los muros de carga; b) Edificio con pérdida de la vertical: pérdida de separación de colindancia, golpeo en el sismo.



Figura 5. a) Puente con apoyos en la Capa Dura que no se desplazan; los materiales entre ellos se comprimen; reparaciones periódicas para mantener la operación de la avenida; b) Pilas de cimentación desconfiadas por la emersión aparente.

inverso a como fueron concebidas en aquellos casos en los que no se previó la emersión (véase figura 6). Esto representa un riesgo de falla estructural, además de impedir que la cimentación conduzca las cargas de forma adecuada.

#### Cambio de periodo fundamental de vibración del suelo

Los parámetros que controlan la respuesta sísmica de los suelos compresibles están directamente relacionados con su espesor: si este disminuye por la consolidación natural o inducida, también lo hace el periodo dominante de vibración, y la velocidad de ondas de corte aumenta. El problema radica en que la aceleración a la que van a estar sujetas las estructuras construidas sobre los depósitos de suelo podría no verse representada a través de los espectros de respuesta, es decir, el problema que eventualmente podría presentarse al cambiar las propiedades dinámicas del suelo es la disminución de su periodo dominante de vibración, pudiendo coincidir con el periodo de vibrar de la estructura, y se generaría el fenómeno de resonancia, situación que se debe evitar en un buen diseño sísmico.

#### Grietas de tensión

En los últimos sismos se pudo comprobar la alteración en la continuidad de las masas de suelo en la llamada Costra Superficial, compuesta de gravas, arenas limosas o mezclas muy diversas con, incluso, residuos de construcción y demolición o basura, con compacidad media a densa, y cuyo espesor puede ser desde algunos centímetros hasta varios metros.

Cuando esta capa –con contenidos de agua bastante más bajos que los de la Formación Arcillosa Superior que la subyace– es alterada por desecación, existe un movimiento asíncrono entre las “piezas” grandes y las matrices finas, lo que en muchos casos termina por causar asentamientos diferenciales de muy alta escala o provoca enjambres de fisuras que promueven canales de erosión.

Caso especial lo representan las capas a profundidad que estaban agrietadas por cambios de temperatura o tensionales cuando arribaron las ondas sísmicas y esto produjo una alteración a la respuesta esperada de la cimentación, situación imposible de anticipar si la fisura no tenía expresión en superficie (véase figura 7).



Figura 6. Espacio debajo del edificio creado por el hundimiento del suelo: la cimentación (losa-contratraves-pilas apoyadas en la Capa Dura) desconfina al no poder descender.



Figura 7. Agrietamiento descubierto cuando se construía un cajón de cimentación en la CDMX; apareció al retirar una capa de ~80 cm.

### Acciones gubernamentales

El gobierno ha emprendido algunas de las acciones encaminadas a conocer el origen, comportamiento y efectos de la subsidencia. Por otro lado, existen programas para la rehabilitación de inmuebles afectados por este fenómeno.


El Gobierno de la CDMX, a través del Instituto para la Seguridad de las Construcciones, apoya la realización de proyectos y estudios de investigación enfocados en el agrietamiento del subsuelo en las alcaldías Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta. Los resultados han permitido definir zonas que presentan un mayor potencial de aparición de grietas, así como los diferentes tipos de grietas que se presentan.


El Instituto de Vivienda de la CDMX cuenta con un programa de expropiación de inmuebles en alto riesgo por asentamientos diferenciales o por el agrietamiento del subsuelo producto de la subsidencia; una vez expropiado, el inmueble se interviene estructuralmente respetando su valor histórico o cultural, si es un edificio catalogado. En caso contrario, se demuele y se construye un nuevo edificio.

Se realizaron reformas al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal relativas a la renovación de la Constancia de Seguridad Estructural sustentada en la revisión numérica de los estados límite de falla y de servicio para todos los edificios pertenecientes a los grupos A y B1. En este proceso se debe verificar si el periodo dominante del subsuelo coincide con el periodo fundamental del edificio; en caso afirmativo, se deberá implementar una rehabilitación que lo evite.

### Conclusiones

El estado de deformaciones y desplazamientos que afectan a la CDMX, según el caso, puede ser incompatible con los requisitos operativos y de seguridad estructural de los edificios. El impacto del cambio climático en el subsuelo, aunado a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, debería considerarse en futuras estrategias de planificación urbana para evitar daños estructurales y mal funcionamiento. Sus efectos son un peligro silencioso que genera cuantiosas pérdidas humanas y materiales. Cuando algún fenómeno meteorológico o sísmico afecta a la capital, es crucial que se estudien y prevean las afectaciones, para cerrar la brecha y construir una ciudad saludable.

Este, como otros muchos problemas generados por el ser humano, no puede ser abordado desde miradas unilaterales. Para enfrentar esta problemática se requieren acuerdos entre los generadores de infraestructura, los estudiosos del cambio climático y los gobernantes, para implementar acciones que sean soluciones técnicas y factibles también desde lo social 

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



#MÁSQUEANDAMIOS



**andamios atlas**  
manufacturas metálicas



# NUESTRAS SUCURSALES

*Sosteniendo a Mexico*



WWW.ANDAMIOSATLAS.COM | 55 5093 5600

## <sup>1</sup>CORPORATIVO

Río Lerma No. 5, Fracc. Industrial  
San Nicolás, Tlalnepantla de Baz.  
Estado de México, México. C.P. 54030  
Tel (55) 5093 5600

## <sup>2</sup>SUC. VILLAHERMOSA

Av. San Lorenzo 222, Fracc. Parque Log. Ind.  
Tab. Ranchería Anacleto Canabal 3º  
Secc., Villahermosa, Tabasco C.P. 86287  
Tel. (993) 354 0150

## <sup>3</sup>SUC. GUADALAJARA

Calz. González Gallo 3200,  
Col. El Álamo, Tlaquepaque,  
Jalisco C.P. 45560  
Tel. (333) 639 3804

## <sup>4</sup>SUC. MONTERREY

Bonifacio Salinas Leal 100,  
Col. Central de Carga, San Nicolás  
de los Garza, Nuevo León C.P. 66490  
Tel. (818) 379 1818

## <sup>5</sup>CEDIS SAN LUIS POTOSI

Av. Europa 102 Lt. 505, Col.  
Parque Industrial Logistik II,  
Villa de Reyes,  
San Luis Potosí, C.P. 79526  
Tel (444) 80 41 200

## <sup>6</sup>SUC. CANCÚN

Av. Comalcalco Mza 6 Lotes 5 y 6,  
Región 97, Zona Industrial, Cancún,  
Quintana Roo C.P. 77530  
Tel. (998) 886 5155

## <sup>7</sup>SUC. LEÓN

Bivd. Paseo de Jerez Norte 604,  
Col. Granjas Ceres, León,  
Guanajuato C.P. 37280  
Tel. (477) 771 7894

## <sup>8</sup>SUC. TIJUANA

Calle Anáhuac 5742 y Vía Rápida,  
3º etapa Zona Río, Tijuana,  
Baja California C.P. 22226  
Tel. (664) 626 1211

## <sup>9</sup>SUC. HERMOSILLO

Periférico Poniente 781, entre  
3era y 6ta, Col. Palo Verde,  
Hermosillo, Sonora C.P. 83280  
Tel. (662) 254 0738

## <sup>10</sup>SUC. PUEBLA

Calz. Ignacio Zaragoza 411,  
Col. Granjas La Malintzi, Puebla,  
Puebla C.P. 72210  
Tel. (222) 222 0084

## <sup>11</sup>SUC. ALTAMIRA

Prol. Ave. Hidalgo 2504,  
Col. Niños Héroes,  
Altamira, Tamaulipas C.P. 89359  
Tel. (833) 125 9663

## <sup>12</sup>SUC. LA PAZ

Av. Forjadores s/n Km 5.5 Salida al Sur,  
Col. Universidad Autónoma de  
Baja California Sur,  
La Paz, Baja California C.P. 23080  
Tel. (612) 128 2444

# Los ingenieros y su papel en la seguridad vial

Concluyó el Primer Decenio de Acción por la Seguridad Vial 2011-2020, un proyecto declarado por ONU y la Organización Mundial de la Salud al que México se sumó mediante las firmas y acuerdos correspondientes. Esta primera iniciativa por la seguridad vial nació de los hallazgos estadísticos de accidentes viales en escala mundial y del análisis de sus implicaciones en términos de varios parámetros: incidencias, costos, afectados directos e indirectos, secuelas, etc. Se obtuvo evidencia suficiente para considerar a los accidentes viales como un tema de salud, por su posición relevante como una de las primeras 10 causas de muerte, con un comportamiento escalatorio en las tendencias futuras.

RITA  
**BUSTAMANTE  
ALCÁNTARA**  
Responsable de  
la Maestría en  
Ingeniería con  
orientación en  
Ingeniería de  
Tránsito y Vías  
Terrestres. Facultad  
de Ingeniería  
Civil. Universidad  
Autónoma de  
Nuevo León.

**Al arranque del** Primer Decenio de Acción por la Seguridad Vial 2011-2020 se contabilizaban 1.3 millones de muertes anuales en las redes viales del mundo, de 20 a 50 millones de víctimas con traumatismos y discapacidades de diversos grados, siendo las más preocupantes las permanentes, y finalmente, usuarios vulnerables (peatones, ciclistas y motociclistas) con el mayor el riesgo de morir a causa de un choque en la vía pública.

El trabajo para llegar a conocer el tamaño estimado de la problemática que representan los hechos viales ha sido arduo y constante. Cabe revisar la línea de tiempo de las resoluciones que en esta materia han emitido los organismos que lideran el tema (véase figura 1). Entre ellas destacan la 58/289 Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo, fechada el 14 de abril de 2004, donde cambia la perspectiva para ya no hablar de la crisis de seguridad vial en el mundo sino del mejoramiento de la seguridad vial en el mundo, y donde se presentan datos duros de las estadísticas globales que evidencian estos hechos como una callada pandemia de la cual no hemos sido muy conscientes. Otra resolución importante fue la 64/255, a partir de la cual se declara el Primer Decenio de Acciones por la Seguridad Vial (2011-2020). La más reciente, 74/299, de fecha 31 de agosto de 2020, estableció el Segundo Decenio de Acciones por la Seguridad Vial.

Durante los años del Primer Decenio, también se destacan algunos cambios fundamentales que ya se planteaban desde el informe de 2004, como por ejemplo cambiar la perspectiva y modificar el término “accidentes”, en el entendido de que la seguridad vial no es accidental, que los eventos adversos no están dictados por el azar y por tanto serían evitables. Así, en México se optó por los términos “hechos viales” o “incidentes viales”.

## ¿Hubo progreso?

Para conocer el balance final de los alcances establecidos en el Primer Decenio de la Seguridad 2011-2020, dos referencias oficiales: la Declaración de Estocolmo (2020), formalizada durante la Tercera Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial, cuyo lema fue “El logro de los objetivos mundiales para 2030”, y la resolución 74/299 sobre mejoramiento de la seguridad vial en el mundo, aprobada por la Asamblea General el 31 de agosto de 2020. Ambos informes muestran que, si bien en algunos países hubo avances importantes, en el contexto general la meta del Primer Decenio sobre reducir en un 50% la severidad de los hechos viales no fue alcanzada, y que la cantidad sigue siendo inaceptable. Así, se declaró el Segundo Decenio de la Seguridad Vial 2021-2030.

Uno de los principios rectores del Primer Decenio que sigue siendo válido es desarrollar un sistema de transporte seguro para los usuarios que sustancialmente esté adaptado al error humano y tome en consideración la vulnerabilidad del cuerpo humano.

En el Segundo Decenio, el plan se propone, además, enfocarse en cinco áreas de actuación relacionadas con los componentes del sistema de transporte y con elementos que repercutirían en este, de acuerdo con los hallazgos obtenidos en los estudios e informes previos sobre la problemática de los hechos viales. Estas medidas son una referencia para orientar a los interesados en operar este plan (véase figura 2).

No es difícil detectar dónde estaría la intervención de los ingenieros, pues la medida relativa a infraestructura vial segura es de toda su incumbencia, sin hacer de lado que, por ejemplo, al menos en otras tres de ellas se puede influir en mayor o menor medida. Recordemos



que en la ecuación más básica del tránsito, los elementos que la conforman nos comprometen a considerar sus requerimientos de forma sistémica (véase figura 3).

Es importante destacar que los niveles de actuación de los ingenieros en la seguridad vial están, en estricto sentido, en todas las etapas de implementación de las redes viales, y en general en el desarrollo de los sistemas de transporte (véase figura 4).

Aunque en el resumen estadístico el usuario, sobre todo el conductor, sigue siendo la principal causa del hecho vial, y las causas relativas al camino son relativamente bajas (véase figura 5), las aspiraciones del Segundo Decenio de la Seguridad Vial en materia de infraestructura vial también han incluido términos como “vías o caminos perdonadores”, un concepto que busca que las redes viales en cualquier entorno –urbano, rural, regional, etc.– cuenten con los medios para minimizar los posibles riesgos, daños o peligros en un evento en el que se vea involucrado el usuario de las vías, pudiendo evitarlo o por lo menos reducir su severidad. Así, se vuelve imprescindible contar con información específica y completa relativa a las vías, destacando dónde y cómo suceden los accidentes, de manera que orienten las acciones de los ingenieros de caminos.

La resolución 74/299, aprobada por la Asamblea General el 31 de agosto de 2020, invita a considerar varias acciones que siguen siendo válidas, además de otras nuevas que podrían sumarse. En este contexto, el papel de los ingenieros seguirá siendo relevante sobre todo en el tema de la infraestructura vial, componente básico del sistema de movilidad, para que no constituya un factor de riesgo o colabore y magnifique la severidad del hecho vial. Su involucramiento de diversas formas en las estrategias para minimizarlos será realmente productivo para las metas que se persiguen. En general, se puede sugerir lo siguiente:

- Independientemente de que en la causalidad de los hechos viales destaque el conductor en más de un 90% de las veces, de que en el nuevo decenio se halle el compromiso de que las vías o caminos sean perdonadores, y en general que debemos desarrollar para nuestra movilidad sistemas seguros basados en la aceptación de que el error humano existe y la vulnerabilidad de su cuerpo dentro de un flujo de tránsito es una realidad, es de esperarse que la infraestructura que conforman las redes viales, su entorno y las características de los vehículos que circulan por ellas se armonicen en función de tales limitaciones. Esto obligará indudablemente a una mayor participación e involucramiento de los actores, entre ellos los ingenieros de caminos, para hacer algo en favor de esta meta.
- Mayor conciencia entre los usuarios de las vías. Aquí, la colaboración de los ingenieros es posible, por ejemplo, si el señalamiento vial, y en particular ciertos grupos de señalamientos, ofrecen una oportunidad para establecer comunicación entre el camino y el usuario, de manera que este considere su desempeño

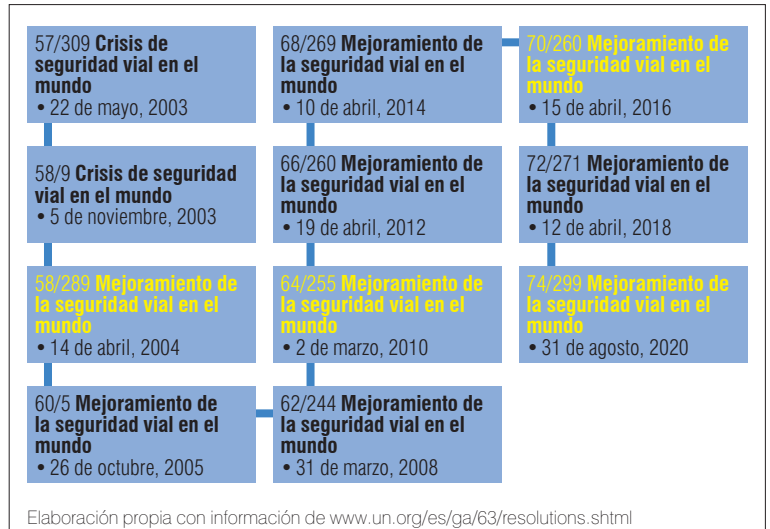


Figura 1. Línea de tiempo de las resoluciones en materia de seguridad vial.



Figura 2. Medidas para la seguridad vial.

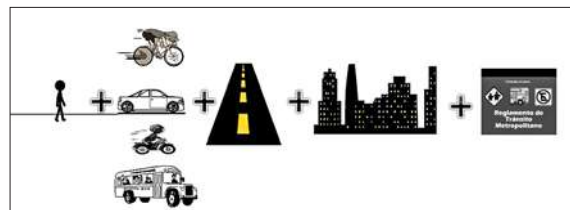


Figura 3. Elementos que integran la ecuación del tránsito.

mientras lo recorre, considerando los criterios de la pirámide de la movilidad.

- Mayor difusión. Si bien el Primer Decenio llegó a ser conocido por determinada audiencia, no fue un asunto generalizado. Se necesita, entonces, un impulso que

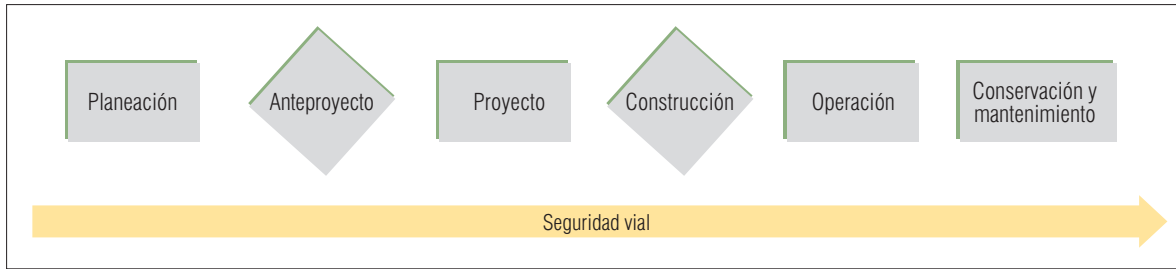


Figura 4. Proceso de implementación de la infraestructura vial.

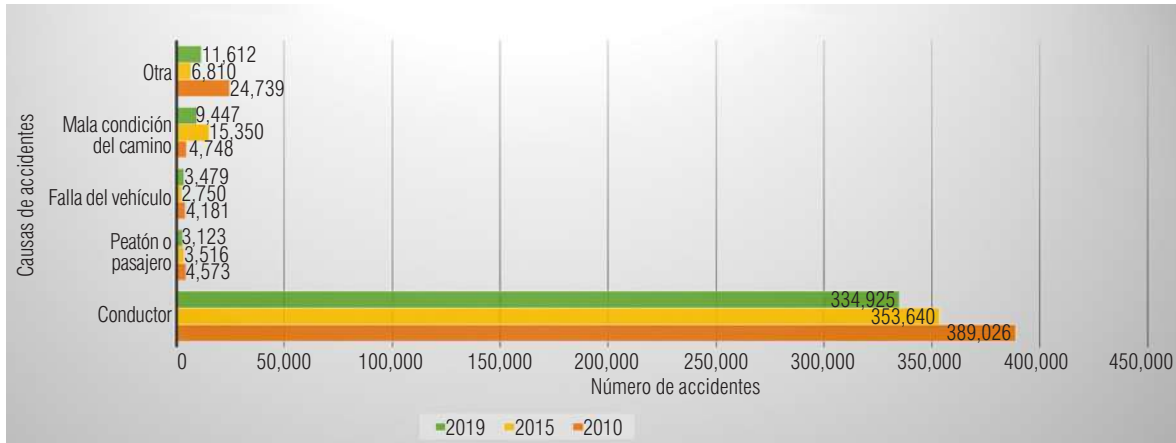


Figura 5. Principales causas de accidentes en México 2010-2019.


movilice más a todos los actores para que colaboren con la meta.


- Mejor medición. Cuando las fluctuaciones en la toma de datos generan discrepancia y confusión, distorsionan la realidad, y por tanto los resultados no permiten un adecuado abordaje de las acciones. Desde otro ángulo, la medición debe contener datos verídicos; por tanto, las auditorías viales deben ahondar hasta en la construcción de las respectivas bases de datos. Estos tienen que ser precisos, completos, adecuados e imparciales, y no verse sujetos a variaciones como los cambios de administración gubernamental.
- Mejorar el análisis para pasar de solo compilar y procesar estadísticas a interpretar lo que dicen las estadísticas. Por ejemplo, en zonas urbanas es relativamente poco lo que se hace o se reacciona a partir de información que muestra concentración espacial de accidentes. Por ejemplo, si bien al usuario de la vía es al que tradicionalmente se le adjudica la causa, los datos podrían estar mostrando a varios usuarios cometiendo errores recurrentemente en el mismo punto o tramo de la vía, y por tanto debería ser motivo de investigación de quien está a cargo de la infraestructura, para revisar qué favorece esos errores colectivos y tomar medidas al respecto. Otro tema que demanda estudios serios es la medición de costos reales que derivan de estos eventos y conocer el verdadero impacto generado a la población que se califica como herida, pues se sabe poco o nada del nivel de discapacidad sufrido, de manera

que es importante la profesionalización en el análisis e investigación de estos eventos en nuestro país.

- Mejor previsión, pues trabajar de manera anticipada en la no ocurrencia de hechos viales adelantándose y reduciendo posibilidades de error en el espacio vial, desde nuestros diferentes papeles, siempre será menos oneroso en todo sentido.
- Mayor concienciación sobre las cuestiones de seguridad vial y mayor compromiso para solucionarlas. La voluntad política y los niveles de financiamiento deben guardar proporción con la escala del problema.

### Conclusión

Se puede concluir recalcando que el error humano existe, lo mismo que la vulnerabilidad de su cuerpo en el contexto del tránsito. Ante ello se impone la visión esperanzadora de ver funcionar la jerarquía de la pirámide de la movilidad cuidando de los más vulnerables, con el apoyo del enfoque científico y técnico sumado al trabajo que hagamos desde nuestro papel como ingenieros responsables de las redes viales o sistemas de transporte, en pro de evitar pérdidas humanas, sobre todo si estamos comprometidos con las metas del Segundo Decenio de Seguridad Vial que va cerrando su tercer año de vigencia y asumimos el reto de construir entornos con un alto nivel de seguridad para todos los usuarios de las vías 

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



# CEMENTOS ECOPlanet

**4 SOLUCIONES PARA CONSTRUIR  
CON BUEN DESEMPEÑO Y MENOS  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

**1** ECOPlanet  
desde  
**-30% CO<sub>2</sub>**

DISPONIBLE EN MÉXICO

**2** ECOPlanet  
**Prime**  
desde  
**-50% CO<sub>2</sub>**

DISPONIBLE EN MÉXICO

**3** ECOPlanet  
**Max**  
desde  
**-70% CO<sub>2</sub>**

**4** ECOPlanet  
**Zero**  
**CARBONO  
neutral**

\* No disponible en México

SOLUCIONES INNOVADORAS Y  
SOSTENIBLES PARA LA CONSTRUCCIÓN.

 **HOLCIM**

# Desplazamientos horizontales en excavaciones hechas en la Ciudad de México

En este documento se aborda la necesidad de realizar excavaciones profundas en la Ciudad de México debido a la creciente demanda de espacio y las dimensiones de las nuevas construcciones, algunas de las cuales superan los 50 m de profundidad. Se destaca la importancia de controlar las deformaciones resultantes y cumplir con regulaciones para garantizar la estabilidad de las estructuras.

FELIPE DE JESÚS  
**JIMÉNEZ RAMÍREZ**  
Doctorante del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, UNAM.

WALTER I.  
**PANIAGUA ZAVALA**  
Director general de Pilotec, SA de CV.

**La investigación documental** llevada a cabo para la elaboración de este trabajo recopila datos de más de 100 proyectos de excavación profunda en la ciudad, incluyendo proyectos emblemáticos, con el propósito de analizar desplazamientos horizontales en los ademes o muros. El objetivo principal es establecer valores típicos de desplazamientos en función de la profundidad, el tipo de sistema de contención y la zona geotécnica. Además, se observan tendencias constructivas relacionadas con las condiciones geotécnicas en la Ciudad de México. La investigación documental abarca tres aspectos fundamentales relacionados con excavaciones profundas en la Ciudad de México:

1. Las condiciones geotécnicas en la ciudad. La zona urbana se divide en tres zonas geotécnicas: Lomas (Zona I), Transición (Zona II) y Lago (Zona III). Estas zonas varían en términos de la naturaleza de los suelos y su compresibilidad.
2. Monitoreo de excavaciones profundas. El monitoreo de excavaciones profundas es crucial para detectar comportamientos inusuales en las estructuras y proporciona datos valiosos para futuros proyectos similares. A pesar de la importancia del monitoreo, en México las mediciones de asentamientos en la superficie son poco comunes, por lo que este trabajo se centra en los desplazamientos horizontales en ademes, medidos mediante inclinómetros de sonda y equipo topográfico.
3. Tendencias constructivas en la Ciudad de México. Se analizan las tendencias constructivas en excavaciones profundas de la Ciudad de México basándose en

casos estudiados. En cuanto a los tipos de ademe, los muros Milán y el concreto lanzado son los más comunes. Los primeros se usan en las zonas de Lago y Transición, mientras que el concreto lanzado se prefiere en la Zona de Lomas. Para los elementos de soporte, los sistemas de anclaje son frecuentes en las zonas de Lomas y Transición, mientras que en la Zona de Lago se utilizan puntales metálicos, y se observa un aumento en el uso de losas de entrepiso con el sistema *top-down*. En cuanto al método constructivo utilizado, en la Zona de Lago predominan dos métodos constructivos: el muro Milán apuntalado y el sistema *top-down* con muro Milán. En la Zona de Transición se utiliza más el muro Milán con anclas activas, y en la Zona de Lomas se prefiere el concreto lanzado y las anclas activas.

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan gráficos que resumen visualmente la información relevante sobre los tipos de ademe, elementos de soporte y métodos constructivos utilizados en excavaciones profundas en la Ciudad de México.

## Desplazamientos horizontales medidos en excavaciones profundas Proyectos con mediciones disponibles

Se identifican proyectos con mediciones de desplazamientos horizontales en ademes. En la tabla 1 se resumen las características principales de estos proyectos, incluyendo la profundidad de excavación, tipo de contención y referencias bibliográficas.



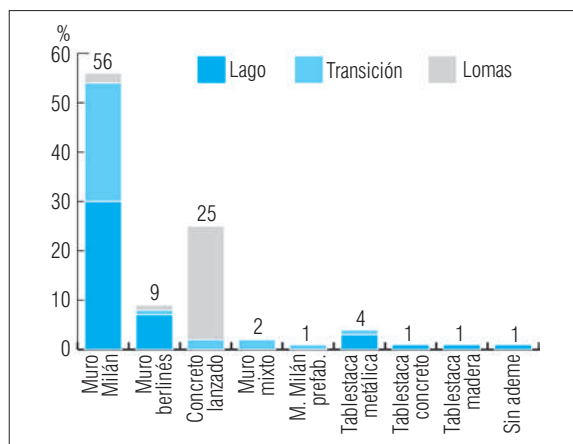


Figura 1. Tipos de ademe comúnmente utilizados en la Ciudad de México, a partir de un número limitado de casos estudiados.

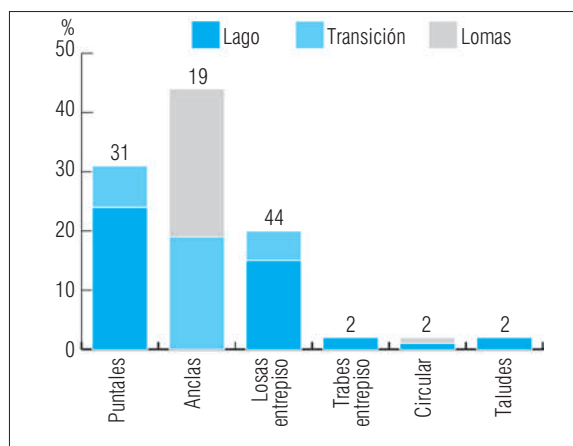


Figura 2. Elementos de soporte frecuentemente utilizados en la Ciudad de México, a partir de un número limitado de casos estudiados.

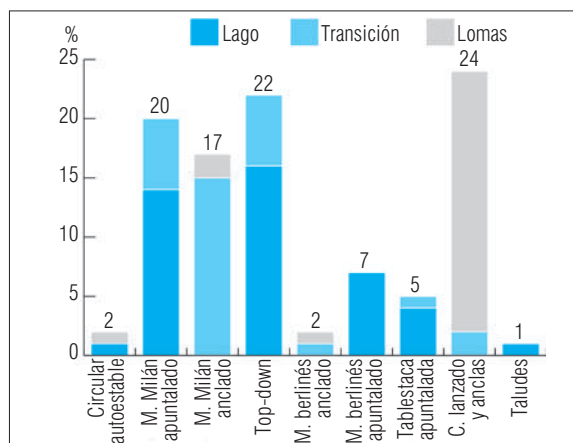


Figura 3. Métodos constructivos de sistemas de contención para excavaciones profundas comúnmente utilizados en la Ciudad de México, a partir de un número limitado de casos estudiados.

Tabla 1. Casos estudiados con mediciones de desplazamientos horizontales

Proyecto	H [m]	Contención	Referencia
Reforma 509	39.2	MM (TD)	Paulín (2016)
Torre BBVA	25.2	MM (TD)	Jiménez (2019)
Cine Latino	11.65	MM (TD)	Cuevas (2019)
Lafragua	28.5	MM (TD)	Morales <i>et al.</i> (2021)
Torre Mayor	16	MM y P	Sámamo (2002)
Metro CDMX	15.7	MM y P	Romo <i>et al.</i> (1992)
Tlalpan	6.6	MM y P	González y Mussio (2018)
Reforma y Berna	10	MB y P	Cuevas, 2012
Sevilla y Tokio	10	TC y TE	Cuevas, 2012
NAIM	9.1	TM y P	Pérez-Centeno <i>et al.</i> (2018)
Metro CDMX	11.3	TM y P	Rodríguez y Flamand (1969)
Sifón Metro 1	9.8	TM y P	Rodríguez y López (1969)
Sifón Metro 2	10.5	TM y P	Rodríguez y López (1969)
City Sta. Fe	27.1	CL y A	Tamez y Cuevas (2007)
Sta. Fe	20	CL y A	Lira <i>et al.</i> (2012)
Pedregal 24	54.4	CL y A	Noyola <i>et al.</i> (2012)
Patio Univ.	15.5	MM y A	Cuevas-Ochoa (2012)
Vía Vallejo	10.5	MM y A	Cuevas (2019)
Insurgentes 1079	26.5	MM y A	Cuevas y Vega (2017)
Hotel Nikko	17.3	CM y A	Holguín y Tamez (1992)

H: profundidad de excavación; MM: muro Milán; TD: sistema *top-down*; P: puntales; TC: tablestacas de concreto; TE: trabes de entrepiso; TM: tablestaca metálica; CL: concreto lanzado; A: anclas; CM: columnas metálicas.

### Desplazamientos máximos

Se analizan los desplazamientos laterales máximos medidos en excavaciones profundas en función de la profundidad máxima de excavación (H). La figura 4 ilustra estos desplazamientos, que varían según factores como el tipo de muro, zona geotécnica y tipo de soporte. Los valores obtenidos son mayores que los de estudios previos y coinciden con mediciones históricas de Peck en 1969 ( $0.01H$ ). Se establecen rangos de desplazamientos en función de la profundidad en la tabla 2.

### Deformada del ademe

En la Ciudad de México, la deformación de los ademes en excavaciones profundas es altamente variable debido a las condiciones geotécnicas cambiantes. Contrariamente a la creencia de que el desplazamiento máximo coincide con la profundidad máxima de excavación, este fenómeno depende de la flexibilidad del ademe y las condiciones geotécnicas específicas. En la figura 5 se presentan ejemplos que ilustran estas variaciones. Se destaca un caso de excavación contenida con tablestacas y puntales metálicos, donde el desplazamiento máximo ocurre cerca del fondo (figura 5a). También se muestra una excavación en la zona centro contenida con muro Milán y losas de entrepiso, donde, a pesar de la proximidad de los Depósitos Profundos, la deformación máxima se produce cerca del fondo debido a la baja

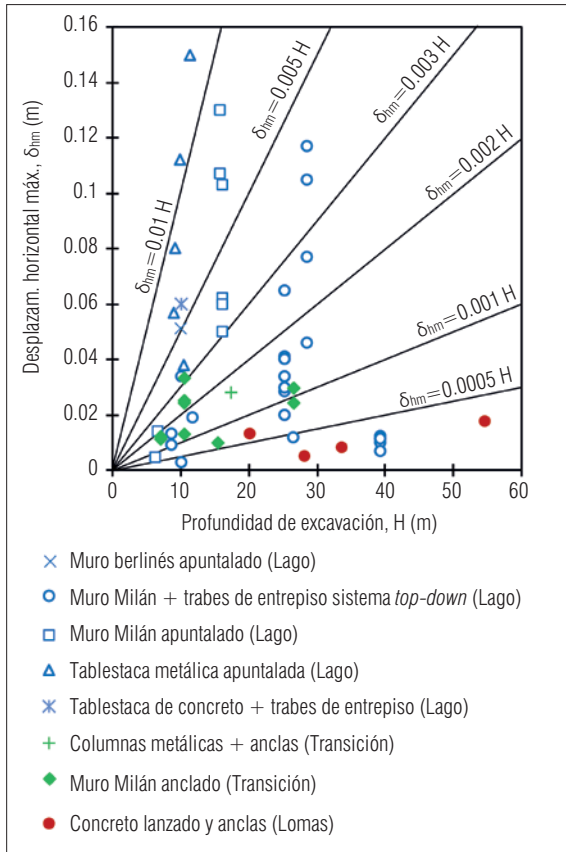


Figura 4. Máximos desplazamientos horizontales medidos en excavaciones profundas realizadas en Ciudad de México, en función de la profundidad de excavación, H (modificada de Jiménez, 2022).

**Tabla 2.** Rangos de desplazamientos horizontales máximos,  $\delta_{hm}$ , medidos en ademes de excavaciones hechas en la Ciudad de México, en función de la profundidad máxima de excavación, H

Ademe	Tipo de soporte	Zona geotécnica	$\delta_{hm}/H$
Concreto lanzado	Anclas activas	Lomas	< 0.0005
Muro Milán	Anclas activas	Transición	0.001 a 0.003
Muro Milán	Losas de concreto	Lago (frontera)	< 0.002
Muro Milán	Losas de concreto	Lago	0.001 a 0.003
Muro Milán	Puntales metálicos	Lago	0.003 a 0.01
Tablestacas metálicas	Puntales metálicos	Lago	0.005 a 0.01

rigidez del suelo contenido (figura 5b). Otra excavación en la Zona de Lago con arcillas rígidas cerca de la Capa Dura muestra deformación máxima en la parte superior del muro (figura 5c). Finalmente, una excavación en la zona poniente con rellenos sueltos y muro Milán presenta

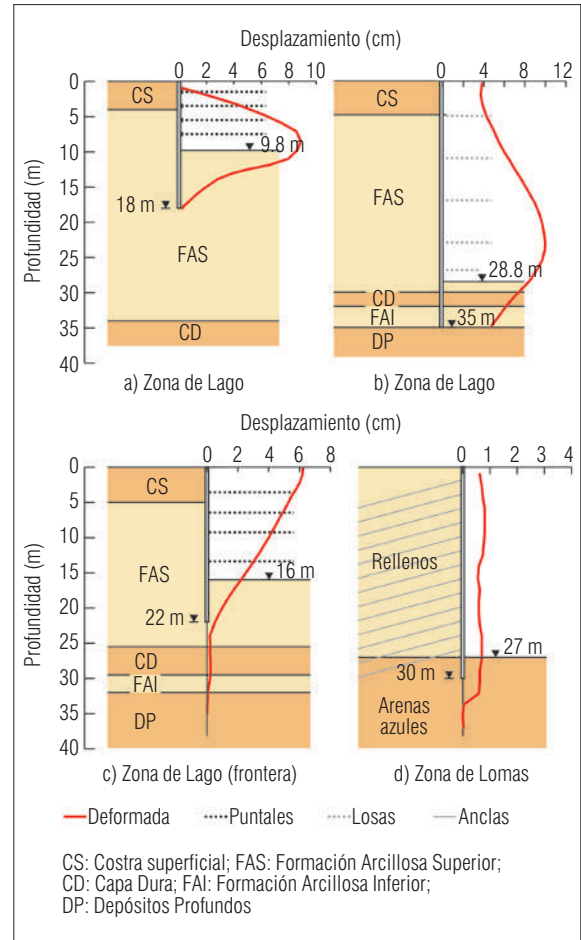


Figura 5. Perfiles de desplazamientos laterales en excavaciones profundas: a) excavación en Zona de Lago contenida con tablestaca y puntales metálicos (Sifón Metro 1); b) excavación en Zona de Lago contenida con muro Milán y losas de entrepiso (Lafragua); c) excavación en Zona de Lago, en la frontera con la Zona de Transición (Torre Mayor); y d) excavación en zona de rellenos en el poniente de la Ciudad de México (City Santa Fe).

desplazamientos irregulares que disminuyen hacia la parte inferior del muro (figura 5d).

**Factores que intervienen en la magnitud de los desplazamientos horizontales**

La magnitud de las deformaciones horizontales en ademes está influenciada por varios factores, incluyendo tipo de suelo contenido, profundidad de excavación, rigidez del sistema de contención, secuencia constructiva, precarga aplicada, peso y rigidez de las estructuras cercanas, factor de seguridad ante falla de fondo por esfuerzos cortantes, y profundidad y tipo de suelo donde se asienta el ademe.

Geometría de la excavación: existe una relación directa entre el desplazamiento máximo y la profundidad de excavación; y la forma de la excavación en



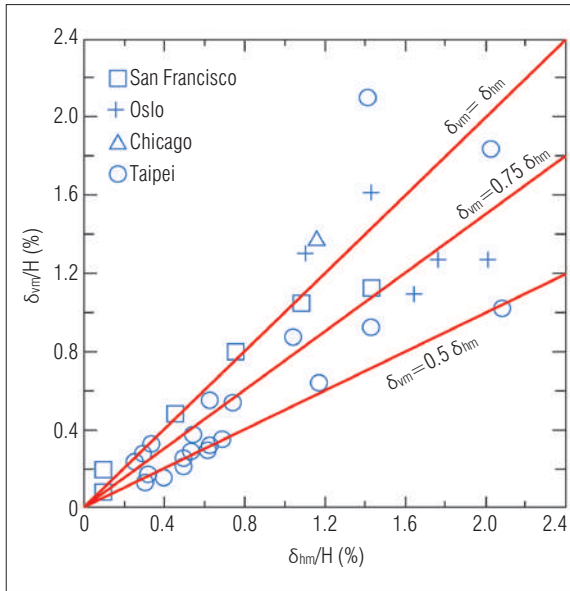


Figura 6. Relación entre el asentamiento en la superficie y la deflexión lateral (Ou *et al.*, 1993).

planta también influye en los desplazamientos, siendo mayores cuando las esquinas de la excavación están más separadas.

**Rigidez del sistema de contención:** la rigidez del sistema de contención, que incluye la rigidez del ademe y la disposición de elementos de soporte, afecta significativamente la magnitud de los desplazamientos, con sistemas más rígidos resultando en menores desplazamientos.

**Secuencia constructiva:** la secuencia constructiva tiene un papel crucial; ciertas prácticas, como la construcción discontinua de losas de entrepiso en el sistema *top-down*, pueden aumentar los desplazamientos. Las bermas de suelo también pueden influir en la deformación del ademe si no se colocan con suficiente rapidez.

**Características de las estructuras aledañas:** el tipo de cimentación de las estructuras cercanas afecta los desplazamientos, con diferencias significativas entre cimentaciones superficiales y profundas.

**Precarga aplicada:** la precarga aplicada en los puntales tiene una influencia notable en los desplazamientos horizontales. Se observa que aplicar presiones crecientes con la profundidad puede mejorar el comportamiento del ademe.

**Longitud de empotramiento:** la longitud de empotramiento del muro también afecta los desplazamientos, especialmente en suelos blandos, con un efecto que depende de la rigidez del suelo y la posición del último puntal.

### Relación entre los desplazamientos en el ademe y los asentamientos en superficie

La relación entre los desplazamientos en el ademe y los asentamientos en la superficie es un tema crítico en la

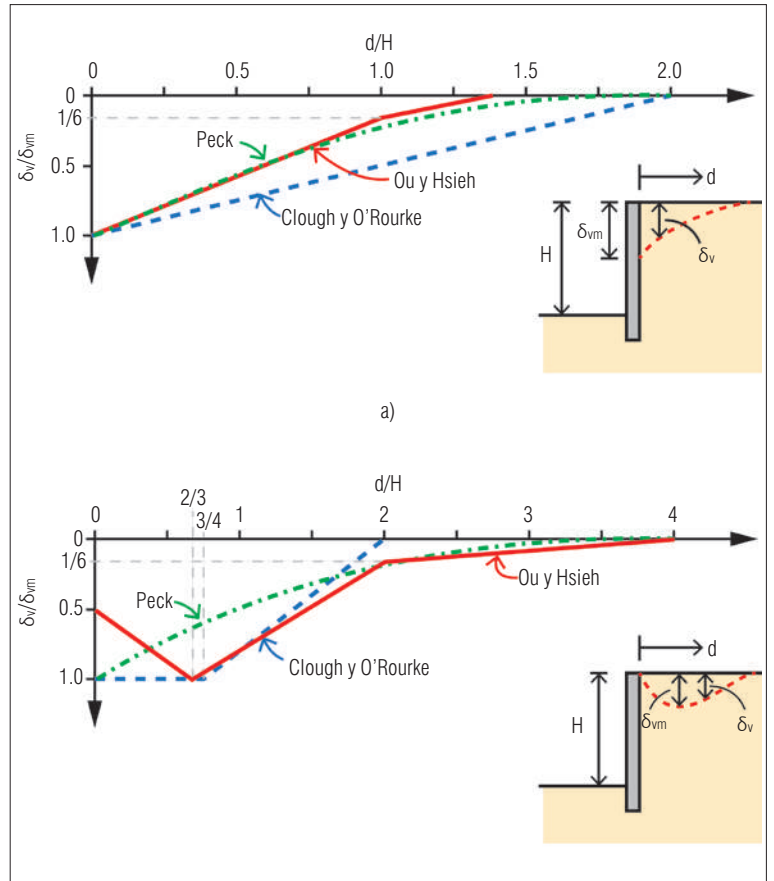


Figura 7. Comparación de perfiles de asentamientos obtenidos con diferentes métodos analíticos.

ingeniería de excavaciones profundas. La magnitud de los asentamientos en la superficie está intrínsecamente ligada a los desplazamientos horizontales en el ademe. Esto se ilustra en la figura 6, donde se observa que, en suelos como arenas y arcillas rígidas, el asentamiento máximo en la superficie ( $\delta_{vm}$ ) tiende a ser aproximadamente de 0.5 a 0.75 veces los desplazamientos máximos en el ademe ( $\delta_{hm}$ ). En el caso de suelos más blandos, se han documentado asentamientos incluso mayores que los desplazamientos en el ademe (Ou *et al.*, 1993).

La estimación de perfiles de asentamiento en la superficie es esencial para evaluar el impacto en las estructuras circundantes. Varios autores presentan perfiles de asentamiento para diferentes condiciones geotécnicas (véase figura 7). Para arcillas blandas, destaca el método propuesto por Ou y Hsieh (2011), que coincide con numerosas mediciones y con resultados de modelos numéricos avanzados que consideran la rigidez del suelo a bajas deformaciones.

Además existen conceptos clave relacionados con el daño en estructuras cercanas a excavaciones profundas; las deformaciones horizontales y la distorsión angular son indicadores fundamentales. Autores como

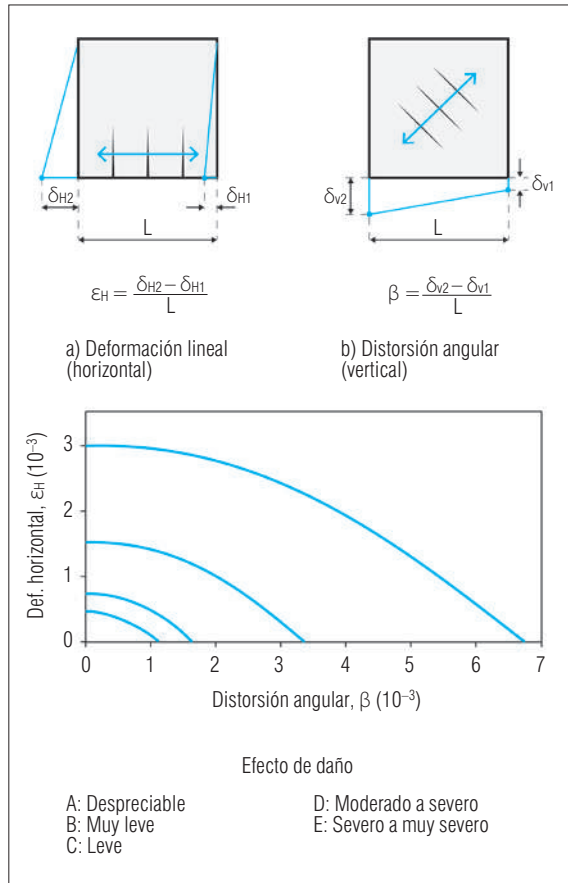


Figura 8. Daños en estructuras colindantes (Modificación de Boscardin y Cording, 1989).

Boscardin y Cording (1989) han desarrollado criterios de evaluación de daño basados en estos parámetros, como se muestra en la figura 8. Estos criterios permiten categorizar el daño en las estructuras desde despreciable hasta muy severo, lo que es esencial para tomar decisiones informadas en el diseño y monitoreo de excavaciones profundas.

### Recomendaciones para desplazamientos máximos admisibles

A partir del análisis de datos similares a los mostrados en este trabajo, se ha elaborado una propuesta para establecer los desplazamientos máximos admisibles en excavaciones hechas en la Ciudad de México. En la tabla 3 se muestran los desplazamientos máximos permisibles (horizontales y verticales) para cada zona geotécnica, los cuales deberán cumplirse de manera conjunta.

En la tabla 4 se muestran las distorsiones angulares,  $\beta$ , propuestas para diferentes estructuras.

### Conclusiones

La investigación aquí reseñada proporciona un valioso panorama de las soluciones empleadas en la Ciudad de México para la contención de excavaciones profundas.

Tabla 3. Desplazamientos máximos tolerables, en % de H

Zona	Horizontales, $\delta_{hm}$ [%]	Verticales, $\delta_{vm}$ [%]
I	0.2	0.1
II	0.8	0.6
III	1.0	0.8

Tabla 4. Distorsiones máximas tolerables en estructuras vecinas,  $\beta$

Estructura	Zonas I, II y III
Marcos de acero, hasta cuatro pisos	0.006
Marcos de concreto, hasta cuatro pisos	0.004
Muros de carga de ladrillo, casas de una a dos plantas	0.003

Se destaca el uso predominante de anclas activas y concreto lanzado en zonas como Lomas, mientras que en áreas de Transición se recurre al muro Milán con anclas activas. En la Zona de Lago, el muro Milán se combina con puntales o losas de concreto. Las investigaciones documentales abren puertas para propuestas futuras, pero se enfatiza la necesidad de considerar todas las variables al elegir un método constructivo.

Se concluye que los desplazamientos máximos en ademes no dependen únicamente de la profundidad de excavación, sino también de factores como las condiciones geotécnicas, la rigidez del sistema de contención y el proceso de construcción. Estos desplazamientos no se localizan uniformemente cerca del fondo de la excavación; varían según el tipo de suelo. En la mayoría de los casos estudiados, los desplazamientos laterales máximos no superan el 0.01 H (donde H es la profundidad máxima de excavación).

Se destaca la importancia de medir los perfiles de asentamiento en la superficie, aunque esta práctica no sea común en México, ya que resulta fundamental para establecer valores típicos de asentamientos y zonas de influencia. También se enfatiza la necesidad de analizar el impacto de las excavaciones en las estructuras cercanas, ya que los desplazamientos laterales se relacionan directamente con los asentamientos en la superficie y las distorsiones angulares en las estructuras. El objetivo principal en el diseño de excavaciones profundas es mantener estos efectos dentro de límites tolerables

Este es un resumen adaptado del artículo presentado en la XXXI Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica que se hizo acreedor al premio "Miguel A. Urquijo" al mejor artículo técnico de 2022, otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles de México. Los interesados en obtener el trabajo original, así como las referencias bibliográficas, pueden solicitarlo a helios@heliosmx.org

¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a helios@heliosmx.org



AMPLIA EXPERIENCIA Y LIDERAZGO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FÉRREAS



LA MAYOR CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE DURMIENTES DE CONCRETO EN AMÉRICA LATINA



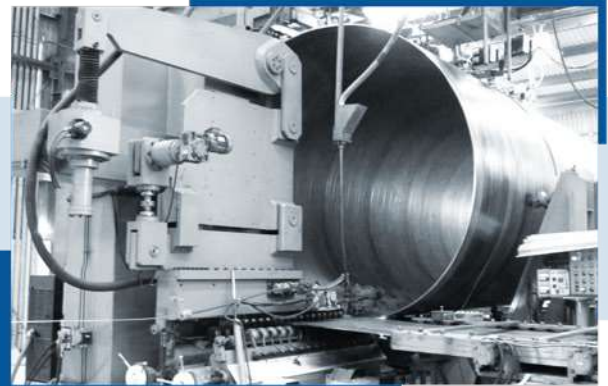
INFRAESTRUCTURA DE PRIMER MUNDO PARA LA ATENCIÓN DE PROYECTOS VIALES



VALOR Y SERVICIO EN EL SUMINISTRO DE EQUIPOS DE ARRASTRE



IMPORTANTE PRESENCIA EN LAS PRINCIPALES LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y ACUEDUCTOS DE MÉXICO



INNOVACIÓN EN SISTEMAS PREFABRICADOS DE CONCRETO



**ITISA**  
GRUPO

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

Av. Constituyentes No. 1070, 4to Piso, Col. Lomas Altas- Miguel Hidalgo, CDMX, México, C.P. 11950  
Telefono: 55 1500 8500

# El camino al desarrollo sostenible se traza sobre una infraestructura

En el año 2015, la Asamblea General de la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Los estados miembros de las Naciones Unidas, incluido México, aprobaron una resolución en la que reconocen que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirman que sin lograrla no puede haber desarrollo sostenible.

LUIS E. MONTAÑEZ CARTAXO

Ingeniero civil y maestro en ingeniería. Consejero del XXXIX Consejo Directivo del CICM y miembro del Comité de Medio Ambiente y Sostenibilidad y del de Planeación. Expresidente de la Asociación Internacional para la Evaluación de Impactos.

**La Agenda 2030** para el Desarrollo Sostenible plantea 17 objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se muestran en la figura 1.

Es muy importante recalcar que los 17 objetivos tienen el mismo nivel de importancia y que están interrelacionados, a pesar de que no sea evidente en la figura ni en textos diversos de la bibliografía relativa a la agenda. Asimismo, es menester subrayar, dado el concepto ingenieril de infraestructura, que el objetivo 9

de la Agenda 2030 se refiere primordialmente al sector manufacturero y a la infraestructura de comunicaciones, aunque también habla del papel clave de la innovación y el progreso tecnológico en el descubrimiento de soluciones duraderas para los desafíos económicos y medioambientales, como el aumento de la eficiencia energética y el aprovechamiento de recursos.

Se esperaba que esta estrategia rigiese los programas de desarrollo mundiales en el periodo 2015-2030. Al adoptarla, los estados se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables.

El reto era grande desde un inicio y la pandemia de COVID-19 ralentizó o frenó por completo acciones em-

prendidas en muchos países para alcanzar las metas de los ODS. Sin embargo, hay avances en todo el mundo, ciertamente dispares, en buena medida por la situación prevaleciente en cada país al inicio del proceso y por efecto de la pandemia. El grado de progreso por país puede consultarse en el sitio [www.sdindex.org/](http://www.sdindex.org/)

## ¿Cómo va México en el cumplimiento de los ODS?

El reporte más reciente es el de junio de 2023. México ocupa el lugar 80 de 166 países, con un puntaje de 69.7, según se aprecia en la figura 2. Nuestro país está mal posicionado en 9 de los 17 ODS, señalados con color rojo: Combate al hambre (2), Salud y bienestar (3), Agua limpia y saneamiento (6), Trabajo decente y crecimiento económico (8), Industria, innovación e infraestructura (9),



Figura 1. Los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible.



# Desarrollo sostenible Infraestructura sólida

Reducción de las desigualdades (10), Vida submarina (14), Vida de ecosistemas terrestres (15) y Paz, justicia e instituciones sólidas (16); y en estos dos últimos va a la baja. Sorprendentemente, en la evaluación México obtiene alta calificación en Educación de calidad (4), a pesar de que las evaluaciones internacionales de aprovechamiento escolar muestran que tal afirmación es infundada (figura 3) (OCDE, 2018). En este sentido, es erróneo considerar que México cuenta con un “bono demográfico”, como lo han señalado en reiteradas ocasiones muchos políticos, planificadores, comunicadores y otros; más bien se trata de una carga demográfica para el desarrollo sostenible del país.

El Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, instalado por decreto presidencial en 2017 y ratificado en 2021, es el órgano colegiado del Poder Ejecutivo mexicano encargado de coordinar acciones y vincular actores que impulsen el avance y las contribuciones a la Agenda 2030 en nuestro país.

El consejo, dependiente hoy de la Secretaría de Economía, ha emitido tres informes nacionales voluntarios, el más reciente en el año 2021 (Informe Nacional Voluntario, 2021). En él se presentan los resultados del avance respecto de las metas de los ODS, pero no de todas las establecidas en la agenda; por ejemplo, del ODS 1 no hay indicador(es) que mida(n) la meta 1.3 “Poner en práctica a nivel nacional sistemas y medidas apropiadas de protección social para todos y, para 2030, lograr una amplia cobertura de los pobres y los más vulnerables” –a pesar de ser uno de los temas prioritarios del actual gobierno—. Sin embargo, se presentan en el informe también otros indicadores correspondientes al “Marco Nacional”, aprobado el 6 de noviembre de 2020 por el Comité Técnico Especializado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CTEODS) y ratificados en días posteriores por el consejo (Informe Nacional Voluntario, 2021).

Además, en el Senado de la República se creó la Comisión Especial para el Seguimiento a la Implementación de la Agenda 2030; en la Cámara de Diputados existe el Grupo de Trabajo para dar seguimiento a la implementación de la Agenda; y en 2020 se publicó la Estrategia Legislativa para la Agenda 2030 (Estrategia Legislativa para la Agenda 2030, 2020).

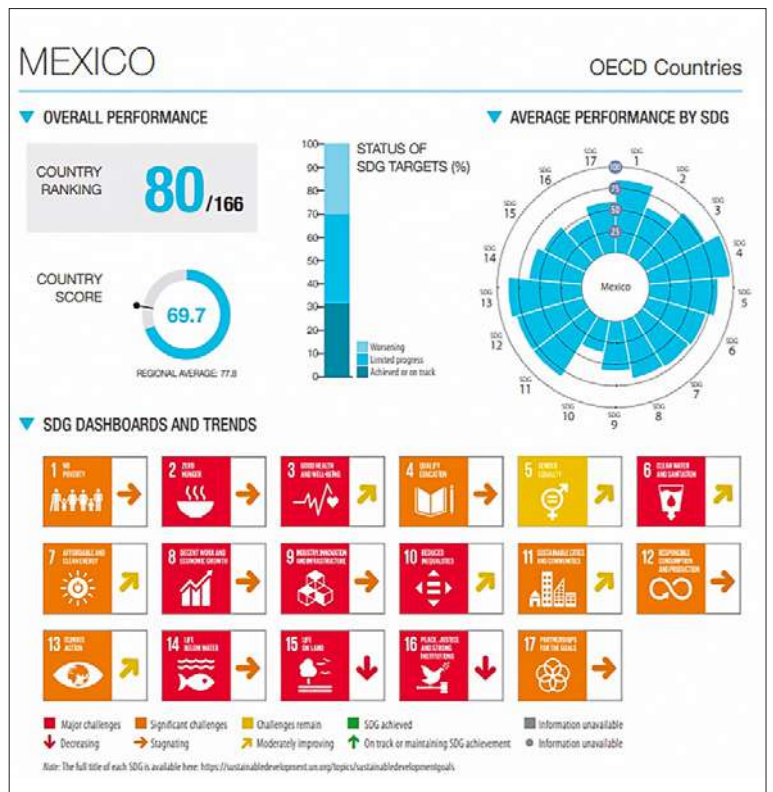


Figura 2. Situación de México en el cumplimiento de los ODS a junio de 2023.

## ¿Cómo puede México acelerar el paso hacia un desarrollo sostenible como el planteado en la Agenda 2030?

Hay muchas maneras de contribuir a la consecución de las metas establecidas en los ODS desde todos los ángulos de la vida pública y el sector privado. Sin embargo, hay un elemento fundamental que comparten todas las iniciativas, planes, programas y proyectos imaginables para alcanzar los ODS: la infraestructura. Sin ella, no hay posibilidad de alcanzar el desarrollo sostenible establecido no solo en la Agenda 2030, sino también y primordialmente en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 25 para que el Estado garantice un desarrollo integral y sustentable,

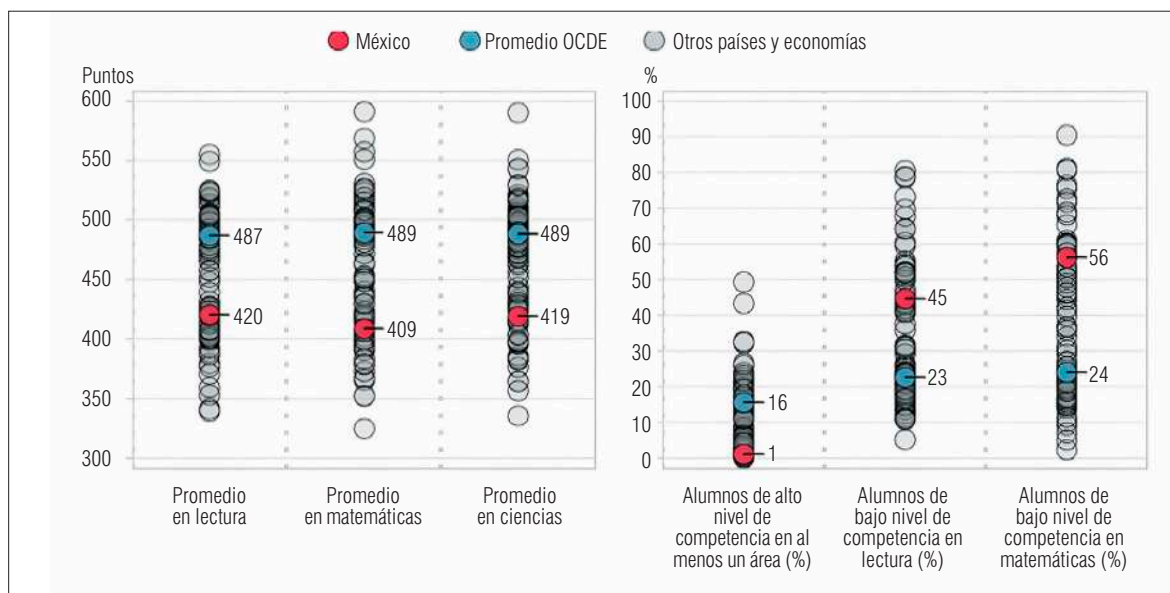


Figura 3. Desempeño de los estudiantes mexicanos de 15 años en lectura, matemáticas y ciencias, 2018.

y en diversos artículos constitucionales clave en materia de desarrollo sustentable, tales como: el desarrollo de los pueblos y comunidades indígenas (artículo 2, inciso B, fracción VII); el acceso y uso equitativo y sustentable del agua (artículo 4, párrafo sexto); el impulso a las empresas bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad (artículo 25, párrafo séptimo), y al sector privado para que este contribuya al desarrollo económico nacional implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable (artículo 25, párrafo noveno), y al desarrollo rural integral y la seguridad alimentaria (artículo 27, fracción XX). De estos y otros se desprende a su vez una amplia gama de leyes y normas (Informe Nacional Voluntario, 2021).

Es bien sabido por los especialistas que la inversión en proyectos de infraestructura sostenible produce rendimientos sociales y económicos positivos. Por ejemplo, el McKinsey Global Institute estima que la infraestructura tiene una tasa de retorno socioeconómico de alrededor del 20%; en otras palabras, un dólar de inversión en infraestructura puede aumentar el PIB en 20 centavos a largo plazo (Woetzel *et al.*, 2016). Por otro lado, en la asamblea del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) de 2021 en Barranquilla, Colombia, su presidente hizo énfasis en que la infraestructura es el motor de reactivación después de la pandemia de COVID-19: “Cada dólar destinado a la infraestructura puede generar dos dólares en aumento del PIB. Ese efecto multiplicador se puede potenciar cuando las inversiones son eficientes. La inversión en infraestructura suma a la recuperación de empleo” (Acosta, 2021).

La clave está en invertir en infraestructura, no solo nueva sino también en el mantenimiento de los activos existentes. Pero México, como casi todos los países de América Latina, tiene un rezago acumulado en este as-

Tabla 1. Componentes de la sostenibilidad

Componente de la sostenibilidad	Principio
Social	La infraestructura y las políticas deberían mejorar la calidad de vida y el acceso a los servicios para crear una sociedad inclusiva y justa.
Económico	La infraestructura y las políticas deberían aumentar la productividad, la economía nacional y permitir un acceso equitativo a las oportunidades de crecimiento, utilizando eficientemente los recursos financieros.
Ambiental	La infraestructura y las políticas deberían favorecer el buen desempeño ambiental mediante la reducción de la contaminación, el equilibrio en el consumo de los recursos, la conservación de los ecosistemas y los recursos naturales, y apoyando las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático.
Gobernanza	La infraestructura y las políticas deberían generar confianza en la gobernanza y las instituciones a través de la toma de decisiones transparente, responsable e inclusiva.

pecto desde hace unas cuatro décadas. Para revertir la tendencia, se requiere que la inversión crezca a un ritmo anual de al menos 5% del PIB durante las próximas tres décadas. Dada la limitada capacidad económica del Estado y las múltiples necesidades del país, tal vez esta cifra parezca demasiado alta, pero queda totalmente justificada si se analiza el impacto que las infraestructuras tienen en el desarrollo sostenible de la nación. Veamos.



### ¿En qué consiste la infraestructura sostenible?

Hay varias acepciones del término, todas igualmente válidas con algunas variantes, pero la del organismo Infrastructure Australia es muy útil por su sencillez y claridad (Australian Government, 2021); abarca los tres puntos siguientes:

La infraestructura sostenible se refiere a la red, el sistema, los equipos y los activos diseñados para satisfacer las necesidades de servicios esenciales de la población, respetando los principios de sostenibilidad. Esto resulta en infraestructura que se planifica, diseña, adquiere, construye y opera para optimizar los aspectos sociales, resultados económicos, ambientales y de gobernanza a lo largo de la vida de un activo.

La infraestructura sostenible protege y preserva los procesos ecológicos necesarios para mantener la vida humana, la salud, la equidad, la diversidad y el funcionamiento de los sistemas naturales. No se trata sólo de construir nuevos proyectos, sino también sobre la rehabilitación, reutilización u optimización de infraestructuras existentes.

La infraestructura sostenible permite el desarrollo económico y el uso eficiente de los recursos financieros, mejorando al mismo tiempo la calidad de vida y protegiendo los recursos naturales. La infraestructura sostenible puede reducir el costo del ciclo de vida de la infraestructura, limitando al mismo tiempo los efectos negativos sobre el medio ambiente.

De acuerdo con la misma fuente, los componentes de la sostenibilidad son los cuatro indicados en la tabla 1, en la cual también se apuntan los principios ligados a cada componente.

Lo que llamamos comúnmente infraestructura constituye en realidad un sistema compuesto por media docena de infraestructuras reconocidas como tales internacionalmente:

1. Eléctrica
2. Transporte
3. Telecomunicaciones
4. Riego, agua potable y saneamiento
5. Infraestructura social (escuelas, hospitales, edificios públicos, parques, prisiones...)
6. Inmobiliaria y turística

En México se agrega una más, la cual forma parte de las dos primeras en muchos países:

7. Petróleo y gas (hidrocarburos)

Es prácticamente inimaginable la vida hoy en día sin la producción de electricidad y, por lo tanto, su influencia en casi todos los ámbitos del quehacer humano. De modo que el sector eléctrico está directa o indirectamente ligado con cada uno de los ODS. Esta afirmación queda reflejada en la figura 4, en la que aparecen 14 de los 17 objetivos en las columnas laterales y se han dejado aparte los ODS números 5, 16 y 17, dado su carácter más bien de orden político, jurídico, administrativo, de respeto

a los derechos humanos y de coordinación y apoyo entre países. Cabe hacer notar que las líneas de conexión son todas del mismo grosor y tipo, independientemente de si la relación entre el sector eléctrico y cada uno de los 14 ODS es directa o indirecta.

Del mismo modo puede relacionarse cada uno de los siete tipos de infraestructura con los ODS a los lados. La vista completa de esas relaciones se presenta en la figura 5; en ella se han conectado con línea punteada el sector de hidrocarburos con el eléctrico y con el de transporte, haciendo notar su interdependencia, aunque también hay ligas directas del primero con algunos ODS. Esta imagen permite apreciar la gran complejidad del sistema de infraestructuras; se trata de un sistema complejo constituido por elementos económicos, sociales, políticos, técnicos y ambientales.

En relación con lo dicho líneas arriba sobre la relación entre los ODS, es notable tal vinculación en lo que se conoce como el nexo agua-energía-alimentos (ODS 2, 6 y 7 + 15): El agua es vital para la producción agrícola y la generación de energía. Sin embargo, los usos de la agricultura y la energía podrán competir por el recurso. Los bosques desempeñan un papel vital en la seguridad del agua (y así en la seguridad del alimento y energía) mediante sus servicios de regulación y purificación del agua. Las conversiones de tierra agrícola para energía (biocombustibles) y alimento pueden afectar la disponibilidad de los recursos hídricos mediante la deforestación y sedimentación asociadas (CDKN, s.f.).

### Sistemas complejos

Un sistema es un objeto cuyas partes o componentes se relacionan con al menos alguno de los demás componentes, como es el caso ilustrado en la figura 5. Todos

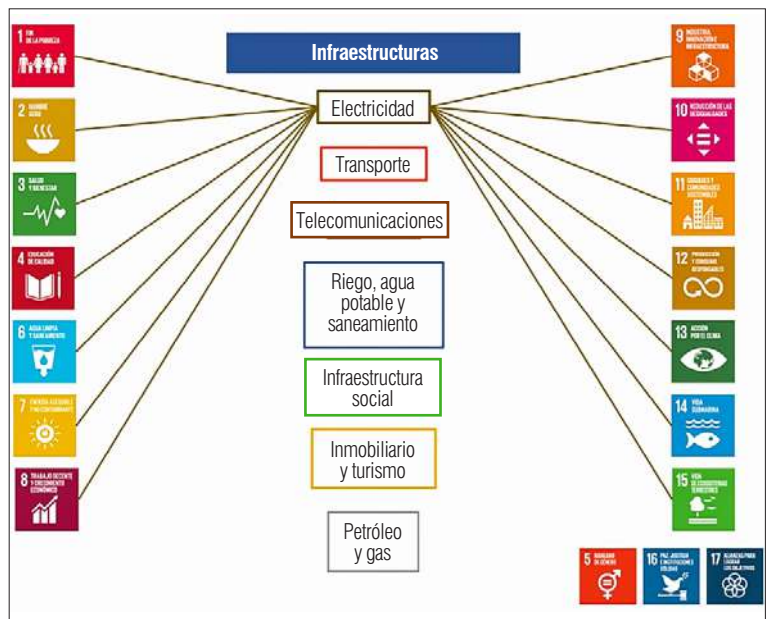


Figura 4. Relaciones del sector eléctrico con los ODS.

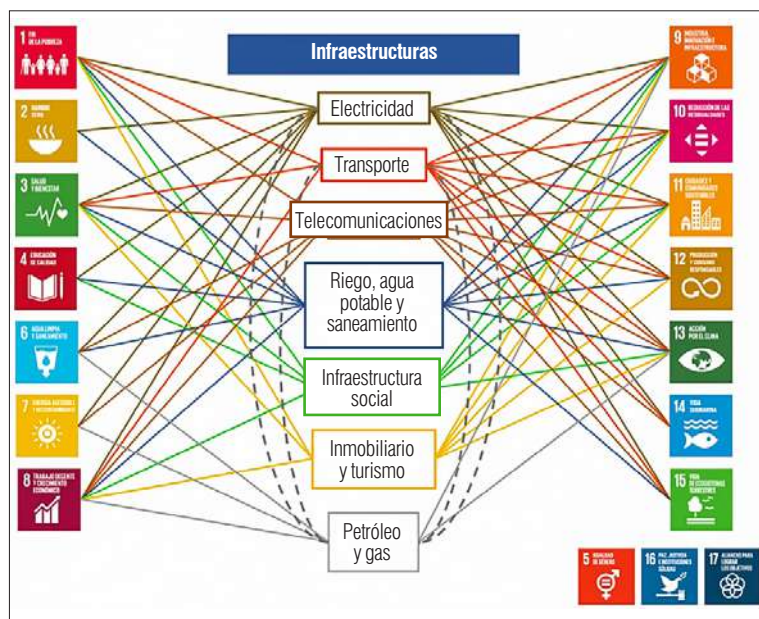


Figura 5. Relaciones de las infraestructuras con los ODS.

► La infraestructura sostenible protege y preserva los procesos ecológicos necesarios para mantener la vida humana, la salud, la equidad, la diversidad y el funcionamiento de los sistemas naturales. La infraestructura sostenible permite el desarrollo económico y el uso eficiente de los recursos financieros, mejorando al mismo tiempo la calidad de vida y protegiendo los recursos naturales. La infraestructura sostenible puede reducir el costo del ciclo de vida de la infraestructura, limitando al mismo tiempo los efectos negativos sobre el medio ambiente.

los sistemas tienen composición, estructura y entorno. Un sistema complejo está compuesto por varias partes interconectadas o entrelazadas cuyos vínculos crean información adicional no visible ante el observador como resultado de las interacciones entre elementos. En un sistema complejo existen variables ocultas cuyo desconocimiento impide analizar el sistema con precisión. Un sistema complejo posee más información que la que da cada parte independiente. Para describir un sistema complejo hace falta no solo conocer el funcionamiento de las partes sino conocer el funcionamiento del sistema completo una vez relacionadas sus partes entre sí.

En ese sentido, debe tenerse en cuenta que el sistema no puede entenderse desde una sola perspectiva o disciplina y sin considerar los contextos espacial, histórico, cultural, social, político y de paisaje. Así, las decisiones deben tomarse en contextos de incertidumbre y con información fragmentaria. En tales condiciones, los responsables de la planificación y gestión del desarrollo del país se enfrentan a los llamados problemas retorci-


dos (*wicked problems*), es decir, problemas complejos que abarcan múltiples sistemas, disciplinas y visiones del mundo.

De manera que enfrentar el monumental reto de conducir al país hacia el desarrollo sostenible pasa por tener en cuenta, primero, la infraestructura necesaria para, sobre ella, alinear la planificación teniendo en cuenta los ODS como punto focal.

Tal condición debería conducir al gobierno a establecer un sólido sistema de planificación de la infraestructura que cuente con recursos técnicos de alto nivel y variadas disciplinas, así como suficiencia presupuestal para que opere de manera fluida y continua, sin barreras por cambios de gobierno o legislativos.


## Conclusiones

La planificación de la infraestructura debería estar dirigida a satisfacer los ODS. La infraestructura es la base del desarrollo sostenible. Para su debida planificación los responsables de estas actividades deberían desarrollar y aplicar un sólido sistema de planificación. Asimismo, el gobierno debería constituir un organismo o dependencia encargado de dicha planificación y asegurar que opere sin depender de los plazos de gobierno o legislativos.

Invertir al menos 5% del PIB anualmente en el desarrollo y mantenimiento de infraestructura es condición básica para poder brindar los servicios que la sociedad demanda en términos de cantidad, calidad, seguridad y protección del medio ambiente y así mejorar la calidad de vida de la población 

## Referencias

- Acosta F., V. (2021). Cada dólar destinado a la infraestructura puede generar dos en el aumento del PIB. *La República* 18/03/2021. Disponible en: [www.larepublica.co/economia/cada-dolar-destinado-a-la-infraestructura-puede-generar-dos-en-el-aumento-del-ib-3140984](http://www.larepublica.co/economia/cada-dolar-destinado-a-la-infraestructura-puede-generar-dos-en-el-aumento-del-ib-3140984)
- Australian Government. Infrastructure Australia (2021). Sustainability Principles, Infrastructure Australia's approach to sustainability. Disponible en: [www.infrastructureaustralia.gov.au/publications/sustainability\\_principles](http://www.infrastructureaustralia.gov.au/publications/sustainability_principles)
- CDKN Alianza Clima y Desarrollo (s.f.). Nexo entre agua, energía y alimentos: recursos y herramientas. Disponible en: <https://cdkn.org/es/page/nexo>
- Estrategia Legislativa para la Agenda 2030 (2020). Disponible en: [www.gob.mx/agenda2030/documentos/estrategia-legislativa-para-la-agenda-2030#:~:text=La%20Estrategia%20Legislativa%20para%20la,de%20an%C3%A1lisis%20distintas%20pero%20complementarias](http://www.gob.mx/agenda2030/documentos/estrategia-legislativa-para-la-agenda-2030#:~:text=La%20Estrategia%20Legislativa%20para%20la,de%20an%C3%A1lisis%20distintas%20pero%20complementarias) (Consultada en septiembre 2023)
- Informe Nacional Voluntario 2021, Agenda 2030 en México (2021). Disponible en: [www.gob.mx/agenda2030/documentos/informe-nacional-voluntario-2021-agenda-2030-en-mexico](http://www.gob.mx/agenda2030/documentos/informe-nacional-voluntario-2021-agenda-2030-en-mexico)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (2018). Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA) PISA 2018 – Resultados. Disponible en: [www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_MEX\\_Spanish.pdf](http://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_MEX_Spanish.pdf)
- Woetzel, J., et al. (2016). Bridging global infrastructure gaps. McKinsey Global Institute. Disponible en: [www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/bridging-global-infrastructure-gaps](http://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/bridging-global-infrastructure-gaps)

 ¿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)



# Indicadores de gestión hídrica en una región transfronteriza de México

Algunos indicadores para facilitar la gestión adecuada del agua, como el caudal ecológico o caudal ambiental, el caudal natural y otros para determinar la escasez de agua, no son suficientes para dar una visión integral de los impactos que se provocan al medio ambiente y sus recursos. Conceptos como agua virtual y huella hídrica surgieron por la necesidad de estimar los impactos ambientales que se producen durante la elaboración de recursos y la prestación de servicios. En este artículo se presenta un caso de estudio en el que se estima la huella hídrica en una región transfronteriza entre México y Estados Unidos para el periodo 2004-2018.

JESÚS LOREDO RASGADO  
Ingeniero civil con maestría en Hidráulica y doctorante en Ingeniería civil. Experiencia profesional en la coordinación del área hidráulica e hidrología en la Secretaría de la Defensa Nacional para los proyectos AIFA y Tren Maya.

**Existen** Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados directamente con la hidráulica, como el ODS 2 “Hambre cero”, el ODS 6 “Agua limpia y saneamiento” y el ODS 12 “Producción sostenible y consumo responsable”, por citar tres.

Por otra parte, existen herramientas o indicadores definidos que permiten hacer una gestión adecuada del agua, como el caudal ecológico o caudal ambiental, el caudal natural e indicadores para determinar la escasez de agua. Si bien estos son fundamentales para garantizar los requerimientos de agua para preservar el medio ambiente y los ecosistemas de los que consta, existen otros indicadores más completos, los cuales dan una visión integral de los impactos que se provocan al medio ambiente y sus recursos.

La necesidad de generar indicadores para estimar los impactos ambientales sobre el recurso agua dio origen a conceptos más completos, como agua virtual (1998) y huella hídrica (2002), para estimar la apropiación de agua por parte de los seres humanos durante la elaboración de los recursos y la prestación de servicios que se emplean día a día.

Si se someten estos indicadores a un análisis de ciclo de vida (ACV), es decir, cuantificando el agua que se requiere durante todo el proceso, desde la extracción de materias primas, la producción, uso y reciclaje hasta la disposición final y determinando con ellos los impactos potenciales que provocan al medio ambiente (véase figura 1), se hace una aportación valiosa para el logro de los ODS enmarcados en la Agenda 2030.

Las bases técnicas para determinar los volúmenes de agua son los balances de masas de agua de fuentes superficiales, subterráneas, de uso agrícola y uso público urbano. También la determinación de impactos ambientales, como escasez y contaminación del agua, los cuales podrían utilizarse como instrumentos de comunicación por parte de tomadores de decisiones y en audiencias no técnicas, como un primer insumo hacia nuevas políticas hídricas.

## Algunos indicadores de gestión hídrica

**Caudal ecológico o caudal ambiental.** Es la cantidad de agua por unidad de tiempo o gasto necesario que permite garantizar la preservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados, así como las funciones específicas del afluente, como recreación, pesca, etc., considerando efectos producidos por la estacionalidad, como sequías, precipitaciones, crecidas y otros fenómenos de carácter natural.

**Agua virtual.** Es el agua contenida de manera directa e indirecta en los productos y servicios que se consumen, es decir, el agua que no se ve en estos productos. Este concepto fue introducido al contexto científico y técnico en 1998 por el geógrafo británico Tony Allan (1998).

**Huella hídrica.** Este concepto fue propuesto en 2002 por Arjen Hoekstra (2011), de manera complementaria al concepto de agua virtual. Considera la cantidad de agua de la que se apropian los seres humanos al realizar los productos que se emplean de forma cotidiana, desde producción de alimentos, generación



de energía y procesos industriales, así como el agua necesaria para absorber los contaminantes vertidos al agua durante estos procesos de producción, considerando los estándares de calidad del agua, y además hace explícito el lugar de origen del agua o la fuente de donde proviene, y puntualiza la utilización de este recurso ya sea al interior de la región geográfica de referencia o bien a través del proceso de importación y exportación de productos entre países, como resultado de la creciente globalización.

Existen dos enfoques para la estimación de la huella hídrica. La metodología de la Water Footprint Network atiende al origen o fuente del agua y la clasifica en tres colores diferentes: azul para fuentes superficiales; verde para el agua proveniente de la precipitación, principalmente, y gris, referente al agua contaminada durante un proceso productivo. El segundo enfoque atiende al análisis de ciclo de vida (ACV), que considera el agua necesaria durante toda la cadena de producción de algún bien o servicio, es decir, desde la extracción de materias primas, producción y uso hasta la disposición, reciclaje y fin de vida, lo que se conoce como “de la cuna a la tumba”.

El enfoque ACV resulta el más conveniente si se desea cuantificar los impactos ambientales provocados, y se recomienda la comunicación de este indicador a la sociedad.

### Los ODS y su estado actual en México

Desde el año 2015 en que se establecieron los 17 ODS, México ha contribuido de manera local al cumplimiento de esta agenda con acciones concretas como la creación de un Comité Técnico Especializado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CTEODS). Participó en el grupo multidisciplinario latinoamericano de expertos relacionados con los indicadores de los ODS, junto a países como Jamaica, Cuba, Brasil y Colombia.

Durante el periodo 2012-2018, en el eje ambiental del Plan Nacional de Desarrollo, se desplegaron actividades puntuales, como la emisión de un informe voluntario con los avances de los ODS, así como la integración de un plan de trabajo coordinado entre el gobierno, la iniciativa privada, la sociedad civil y la academia.

Siguiendo lo indicado por el gobierno federal en los documentos base del Informe Nacional Voluntario 2021, México cuenta con un avance del 75% en las metas específicas de los ODS, pero se puntualiza que, como resultado de la brecha económica y de medios entre los municipios y estados que conforman el territorio mexicano, no se ha logrado completar ningún objetivo de desarrollo sostenible.

Se identificó que el 83.2% de los programas presupestales están vinculados a la implementación de la Agenda 2030.

La comunidad académica impulsó la creación de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible, con 73 instituciones afiliadas hasta el presente año 2023.

### Aplicación de los indicadores en México

En México, durante los últimos 10 años el interés por desarrollar investigación relacionada con estos indicadores de gestión ha ido en aumento; se detectaron aproximadamente 20 tesis de grado relacionadas con la determinación de indicadores de sustentabilidad, teniendo como casos de estudio regiones dentro de México. Tan solo en el año 2022 se identificaron cinco artículos de divulgación relacionados con indicadores de sustentabilidad, cuyas aportaciones principales son propuestas cuantitativas aplicables en la toma de decisiones.

El siguiente paso sería acompañar los resultados obtenidos en estas investigaciones con la implementación de políticas hídricas, certificaciones y otros instrumentos. En México se tienen casos como el Programa Nacional contra la Sequía, la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua y las normas NMX-AA-159-SCFI-2012, NMX-AA-184-SCFI-2021 y NMX-SAA-14046-IMNC-2017, por mencionar algunas, que establecen las bases y criterios en la determinación de estos indicadores de gestión.

Para entender mejor el alcance y potencial de estos indicadores, se presenta un caso de aplicación, donde se estimó la huella hídrica para una región transfronteriza entre México y Estados Unidos.

### Caso de estudio

En el año 2018 se determinaron los valores de huella hídrica (volúmenes y láminas de agua) de los principales productos agrícolas que se generan en la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo (RHA VI), zona transfronteriza entre México y EUA, de dos formas. La primera fue empleando volúmenes de derivaciones, volúmenes de retornos y volúmenes de caudales naturales de la región del Río Bravo. Después, se compararon los resultados con una metodología desarrollada en conjunto entre estudiantes del Instituto Politécnico Nacional (IPN) e investigadores del Water Management Lab de la Universidad de California, Davis (UCDavis), empleando como datos de entrada parámetros climáticos como

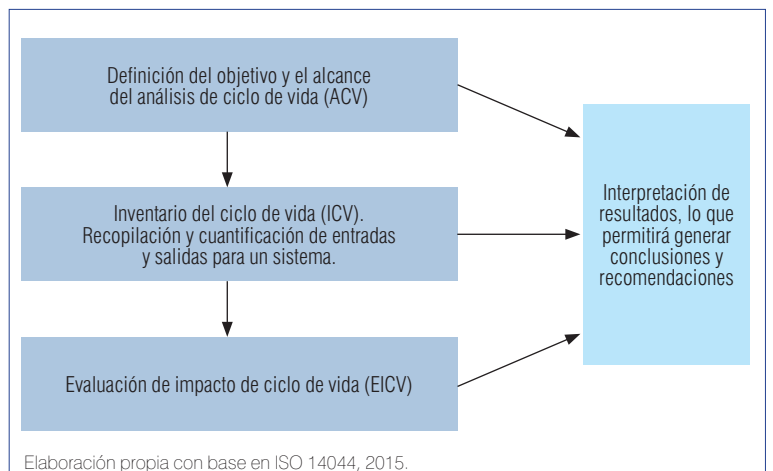


Figura 1. Diagrama de la metodología análisis de ciclo de vida.

**Tabla 1.** Valores de huella hídrica de los principales cultivos en los distritos de riego de la RHA VI 2004-2018

Distritos de riego	Huella hídrica por biomasa (l/kg)							
	Algodón	Canola/ Mostaza	Cártamo	Frijol	Garbanzo	Girasol	Naranja	Haba
DR004			10,783.33	4,781.00				
DR005	2,047.08			3,448.00				
DR006				5,467.06				
DR009	4,664.81							
DR025	2,337.66	3,024.26		2,449.62		11,310.00	5,483.00	
DR026	4,152.54			3,004.00	3,004.00	2,731.75	732.75	
DR042	2,658.74			4,010.00				
DR050				4,340.00				
DR089	3,009.02			5,209.17				
DR090	3,340.63			4,913.99				
DR103				4,554.17				3,036.11

Elaboración propia con base en Loredó, 2018.

**Tabla 2.** Valores de huella hídrica de los principales cultivos forrajeros en los distritos de riego de la RHA VI Río Bravo. 2004-2018

Distritos de riego	Huella hídrica por volumen (millones de metros cúbicos)			
	Alfalfa	Maíz forrajero	Maíz grano	Sorgo grano
DR004			3.62	18.31
DR005	234.02			0.60
DR006	0.33		2.50	0.70
DR009	23.71			
DR025			91.86	451.51
DR026	0.19	96.88	124.51	74.69
DR031	0.02		0.40	3.62
DR042	5.18		0.05	7.16
DR050			0.33	0.37
DR089	16.52	0.52		4.77
DR090	14.79		0.09	0.12
DR103	17.89	6.28	2.51	0.04
DR113	8.10	0.93		

Elaboración propia con base en Loredó, 2018.

temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, coeficientes de cultivo ( $kc$ ), rendimiento del cultivo y productividad del cultivo, así como parámetros referentes a eficiencias del sistema en las redes de distribución, en los sistemas de irrigación, retornos, etcétera. Como datos de salida se obtuvieron láminas y volúmenes de huella hídrica, además de la huella hídrica por cantidad de biomasa para los distritos de riego de la RHA VI.

► Existen dos enfoques para la estimación de la huella hídrica. La metodología de la Water Footprint Network atiende al origen o fuente del agua y la clasifica en tres colores diferentes: azul para fuentes superficiales; verde para el agua proveniente de la precipitación, principalmente, y gris, referente al agua contaminada durante un proceso productivo. El segundo enfoque atiende al análisis de ciclo de vida, que considera el agua necesaria durante toda la cadena de producción de algún bien o servicio, es decir, desde la extracción de materias primas, producción y uso hasta la disposición, reciclaje y fin de vida, lo que se conoce como “de la cuna a la tumba”.

Se estimó el valor de la huella hídrica en la agricultura en el periodo 2004-2018 igual a 1,804.92 millones de metros cúbicos.

Se crearon tablas de semaforización y mapas, identificando de manera puntual los distritos de riego que tienen mayor huella hídrica en volumen (millones de metros cúbicos) y en biomasa (litros/kilogramo) (véanse tablas 1 y 2).

Cultivos como cártamo, girasol, frijol, algodón, naranja, haba, garbanzo y canola presentan valores de huella hídrica superiores a los 2,000 l/kg de biomasa, lo que resulta alarmante sabiendo que es una región con alto grado de escasez de agua.

En cuanto a volúmenes de agua (millones de metros cúbicos), se observó que cultivos como el sorgo grano, la alfalfa y los diferentes tipos de maíz (grano y forrajero) son los cultivos que en promedio consumen el recurso disponible en la región del Río Bravo. Esto demuestra que, aunque existen cultivos con una huella hídrica por biomasa superiores a los 2,000 l/kg, la cantidad de agua destinada a estos no representa un impacto importante para la región. Por el contrario, existen cultivos con huella hídrica menor a 1,000 l/kg a los que en promedio se les asigna el 80% del agua disponible para riego.

Con resultados como los que se presentan, se puede crear conciencia en la sociedad, mediante eco-etiquetado, tablas y mapas de semaforización, sobre el gran esfuerzo hídrico que conlleva el cultivo de ciertos productos agrícolas y la conveniencia de optar por cultivos que brinden el mismo contenido nutrimental pero que empleen menor cantidad de agua para su producción. Asimismo, se puede generar conciencia entre los productores para mejorar la tecnificación del riego y disminuir el gran volumen de agua que se desperdicia por esta razón.

## Conclusiones

En México existen herramientas de aplicación de los indicadores de gestión del agua, como caudal ecológico, caudal natural, agua virtual y huella hídrica, cuyo uso se limita al establecimiento de los parámetros de cálculo,




sin abonar a la comunicación y toma de decisiones. Estas herramientas representan un aporte técnico de diversos grupos de investigación, conformados principalmente por ingenieros especialistas en hidráulica.

Es necesario dar el siguiente paso para incorporar estos indicadores en las políticas hídricas para la toma de decisiones y el establecimiento de recomendaciones como certificaciones, declaraciones, etcétera.


La ingeniería civil y los ODS convergen en la determinación, análisis y optimización de indicadores para la gestión integral del agua, estimando volúmenes de agua necesarios para garantizar el acceso al vital líquido, tanto para uso humano como para el medio ambiente. De igual forma, al identificar los cultivos que requieren grandes cantidades de agua para su producción, mediante indicadores como la huella hídrica, se concientiza a los productores sobre la necesidad de optar por la tecnificación del riego para obtener beneficios en cuanto a disponibilidad y para mejorar la eficiencia por cada gota de agua priorizando zonas como la región transfronteriza entre México y Estados Unidos, por las condiciones climáticas, políticas y económicas que estas representan. Finalmente, analizando el agua que se requiere durante todo el ciclo de vida en la producción o prestación de servicios, se otorga la posibilidad a las

empresas de modificar algunos procesos para maximizar su producción con una perspectiva amigable con el medio ambiente.

Con lo hasta aquí expuesto se pretende contribuir al desarrollo de investigaciones y a la implementación de soluciones, como las iniciativas del ecoetiquetado y el impulso a políticas públicas fundamentadas en indicadores de gestión. Los ingenieros civiles poseen los conocimientos y fundamentos para aportar a la toma de decisiones relacionadas con el agua desde una perspectiva de aprovechamiento del recurso hídrico 

#### Referencias

- Allan, J. A. (1998). Virtual water: A strategic resource. *Ground Water* 36(4): 545-547.
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL (2018). Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Disponible en: [repositorio.cepal.org/handle/11362/40155.4](http://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155.4)
- Hoekstra, A. Y. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- Loredo, R. J. (2018). *Determinación y análisis de los valores de huella hídrica en la Región Hidrológico-Administrativa VII/Río Bravo*. Instituto Politécnico Nacional.

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



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)

Educación Superior

Actualización Profesional

Innovación Tecnológica

Biblioteca

Librería

# Prioridad al agua ante su cada vez menor disponibilidad

El objetivo central de este artículo es ofrecer información para entender las causas que influyen en la cada vez menor disponibilidad de agua, tanto en el contexto global como en el nacional, y sobre todo contribuir a la toma de conciencia en los gobernantes, legisladores y ciudadanos sobre lo que ya está ocurriendo en algunas latitudes del planeta y de México por los efectos del cambio climático y el crecimiento descontrolado de la demanda de agua. Se aborda el caso de Chihuahua y su vinculación con el Tratado de Aguas firmado por México y Estados Unidos en 1944. Finalmente, se presenta una serie de reflexiones y recomendaciones en torno a la prioridad que los gobiernos deben otorgarle al tema del agua, tanto en los aspectos presupuestales como en los institucionales.

**KAMEL ATHIE FLORES**  
Licenciado en Economía con maestría y doctorado en Administración Pública. Presidente de la Junta Central de Aguas y Saneamiento de Chihuahua. Integrante del Comité del Agua del CICM. Rector de la Universidad Tecnológica de Chihuahua.

**Con la finalidad de explicar** las nuevas realidades que está imponiendo la cada vez menor disponibilidad de agua, resulta conveniente plantearse dos interrogantes: ¿de cuánta agua disponemos realmente para todos los usos y por cuánto tiempo?, y ¿cuáles son los factores que están influyendo en la progresiva reducción del indicador habitante/año?

Existe consenso entre antropólogos, historiadores y científicos respecto a que la historia de la humanidad ha pasado por cinco edades (Schelling, 2002): la Prehistoria, la Antigüedad, la Edad Media, la historia moderna y la contemporánea, que es la que estamos viviendo; coinciden también en que la historia de la humanidad se cuenta a partir de la aparición del Homo sapiens, lo cual ocurriría en África hace unos 200 mil años, según la hipótesis científica

más aceptada, precisamente en la Edad Antigua, durante el Paleolítico (NG, 2022).

Durante ese largo trayecto, la naturaleza permaneció en equilibrio; solo era modificada por los fenómenos que le son inherentes, ya que la población de seres humanos era irrelevante y sobrevivía con técnicas rudimentarias que no afectaban el equilibrio ecológico. La situación empezó a cambiar lentamente a partir de 1760, cuando inició la era de las revoluciones industriales (actualmente estamos en la cuarta revolución industrial) y, con ellas, la progresiva emisión de gases de efecto invernadero (GEI), causantes del exacerbado calentamiento global y el cambio climático por los que, entre otros impactos, se explica la cada vez menor disponibilidad de agua.

Hasta hace muy poco se compartía información científica (WSS, 2018) en la que se afirmaba que “el agua salina, la de océanos, mares y algunas aguas saladas subterráneas constituye aproximadamente un 96.5% del agua disponible en el planeta, el agua salobre se presenta en algunos lagos con 1%, y el agua dulce es el 2.5% restante, conformada por cuerpos de agua que fluyen por la superficie continental (ríos), se depositan en diferentes depresiones continentales (lagos y lagunas), se infiltran debajo de la corteza terrestre (acuíferos) y otro tanto se solidifica, dando lugar a los casquetes polares (glaciares, icebergs, hielo, nieve) (véase figura 1).

Recientemente, un grupo de investigadores franceses (Hugonnet *et al.*, 2021) demostró que los glaciares de Groenlandia y la Antártida se están reduciendo rápidamente, y al hacerlo alteran la hidrología regional y elevan el nivel global del mar. Afirman que se está acelerando la re-

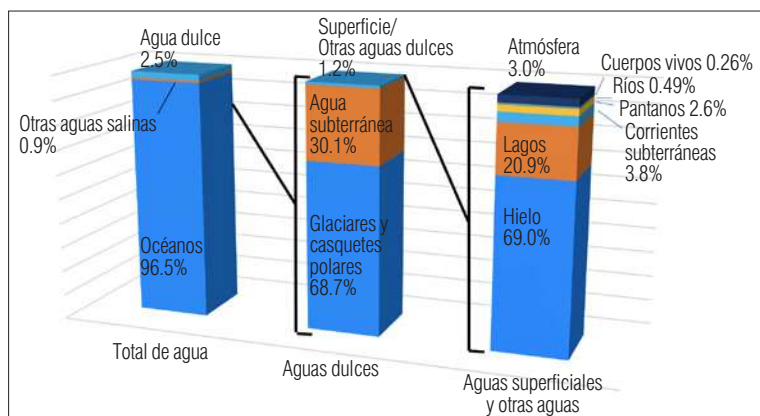


Figura 1. Clasificación de las aguas disponibles en el planeta.



ducción de glaciares, al pasar de 227 mil millones de toneladas perdidas anualmente, entre 2000 y 2004, a 298 mil entre 2015 y 2019.

Por otra parte, en algunas latitudes del planeta donde el crecimiento demográfico es mayor, el abastecimiento de agua potable y el desarrollo de la agricultura dependen hasta en 95% del agua subterránea en condiciones de sobreexplotación. Tales son los casos de varios países del sureste asiático, ciertas regiones de India, China y África, así como los países árabes.

“Con el rápido crecimiento de la población, las extracciones de agua se han triplicado en los últimos 50 años. Esta tendencia se explica en gran medida por el rápido incremento del desarrollo de sistemas de irrigación, estimulados por la alta demanda de alimentos en el decenio de 1970 y por el continuo crecimiento de economías basadas en la agricultura (Hugonnet *et al.*, 2021)”.

También en México prevalece esta situación, ya que, según datos de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) de 2021, de los 653 acuíferos, oficialmente 157 están sobreexplotados, esto es, el 24% (véase figura 2).

Ante tales circunstancias, cabe interrogarse:

1. ¿Sigue siendo válida la afirmación de que del 2.5 % del agua dulce del planeta el 69% se encuentra en estado sólido en los glaciares?
2. ¿Sigue siendo válida la afirmación de que el 30% del agua dulce disponible se encuentra en los acuíferos subterráneos?

Por las razones anteriormente expuestas, se puede concluir que ni el 69% del agua dulce del planeta prevalece en los glaciares, ni el 30% de ella está en el subsuelo, ya que los primeros se están desvaneciendo por efectos del cambio climático, en tanto que el agua subterránea está siendo objeto de sobreexplotación, acusando también los efectos del calentamiento global, lo cual en su conjunto contribuye a la cada vez menor disponibilidad de agua.

### Causas de la cada vez menor disponibilidad

Ante las nuevas realidades, queda claro que la oferta global de agua ya no es la misma que a principios de la humanidad, por las razones que se han venido exponiendo y que se resumen a continuación:

1. El inexorable crecimiento de la población. En 1950 había en el mundo 2,500 millones de habitantes. Recientemente, la ONU anunció que somos 8,500 millones de habitantes; en México había 25 millones en 1950, y hoy, según el Inegi, somos 130 millones.
2. El calentamiento global, cuyos efectos se visualizan en cambios de patrones meteorológicos y afectaciones a la biodiversidad.
3. El desperdicio en que se incurre en todos los usos, principalmente en la agricultura, que es la que más consume y la que más derrocha.
4. La creciente contaminación, la ineficiencia en el tratamiento del agua y su bajo nivel de reúso.

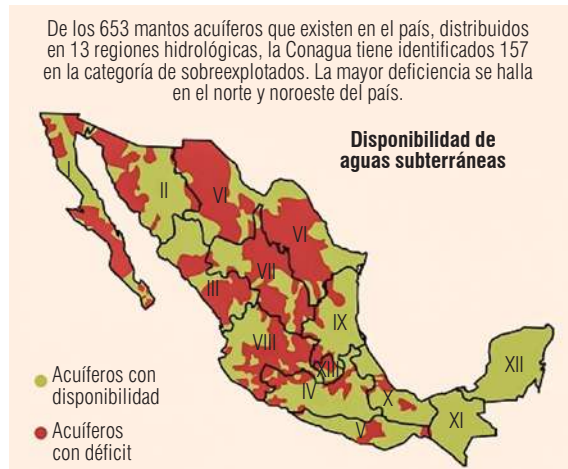


Figura 2. Acuíferos sobreexplotados.

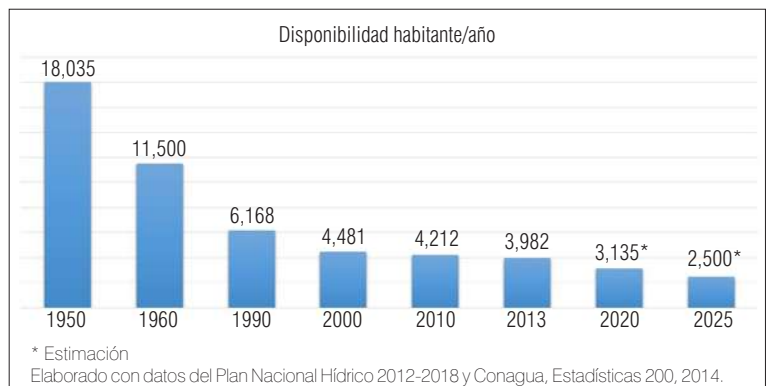


Figura 3. Tendencia en la disponibilidad de agua en México 1950-2025.

5. La baja prioridad que los gobiernos le dan al tema del agua.

Es evidente que esos cinco factores explican el descenso del indicador “disponibilidad por habitante/año”. Como se puede observar en la figura 3, ese indicador en 1950 era de 18,035 m<sup>3</sup> habitante/año, en tanto que para 2020 se redujo a solo 3,135 m<sup>3</sup>, lo cual es muy preocupante en virtud de que la cantidad mínima estimada por la FAO para que la población de una región o país pueda subsistir sin los efectos del estrés hídrico es de 5,000 m<sup>3</sup> habitante/año. La proyección para México es que en el 2025 dicho indicador bajará a 2,500 m<sup>3</sup>.

### El agua en Chihuahua

En Chihuahua se precipitan y escurren en promedio 11,800 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) de agua por año. Como se muestra en la figura 4, fluyen hacia Sinaloa y Sonora 63 Mm<sup>3</sup> por el río Bavispe-Yaqui; 1,054 Mm<sup>3</sup> por el Yaqui; 630 Mm<sup>3</sup> por el Mayo, 3,903 Mm<sup>3</sup> por el Fuerte, 784 Mm<sup>3</sup> por el Choix-Fuerte y 146 Mm<sup>3</sup> por el Sinaloa; otros 897 Mm<sup>3</sup> escurren por el río Bravo a Coahuila, Tamaulipas y Estados Unidos. El resto de este potencial se decanta en lagunas, presas y en los acuíferos sub-



Figura 4. Agua superficial en Chihuahua.

terráneos. Se reciben de Estados Unidos 74.3 Mm<sup>3</sup> en cumplimiento del Tratado de 1906, aguas que se utilizan parcialmente para el Distrito de Riego 009 Valle de Juárez. Igualmente entra por el río Florido, proveniente de Durango, un promedio de 270 Mm<sup>3</sup> anuales, los que confluyen finalmente en el río Conchos.

Una buena parte de esos escurrimientos se captan en 10 presas; de ellas, las más importantes son las que conforman el sistema San Pedro-Conchos-Bravo: La Boquilla, Francisco I. Madero y Luis L. León, con las cuales se riegan los distritos de 113 Alto Río Conchos, 005 Delicias y 090 Ojinaga, al igual que diversas unidades de riego.

En lo que corresponde a aguas subterráneas, se cuenta con 61 acuíferos, de los cuales 30 están sobreexplotados y en otros 27 ya no hay disponibilidad. Según información de la Conagua, existen 20,000 aprovechamientos concesionados para fines agrícolas; otros 4,300 para uso público urbano, y el resto para diversos usos. Debe advertirse que los comités técnicos de aguas subterráneas han alertado de que el número de pozos ilegales en las diversas zonas pueden alcanzar los 5,000.

En conjunto, se riegan en el estado alrededor de 730,000 hectáreas, 200,000 de ellas con aguas superficiales y 530,000 con aguas subterráneas. Con este potencial, Chihuahua figura como primer lugar nacional en la producción de pistache, manzana, cereza, algodón hueso, orégano, nuez, trigo forrajero verde, avena grano, maíz grano amarillo, chile verde, avena forrajera verde, cebolla, cacahuete; y segundo lugar en sorgo forrajero verde, en tercer lugar destaca el guajolote carne, guajolote en pie, durazno, frijol y sandía; en cuarto lugar membrillo, camote, leche de bovino; quinto lugar en caprino leche y noveno en carnes de bovino y bovino en pie (véase figura 5); pero corre el riesgo de colapsar su producción en el mediano plazo, en virtud de la sobreexplotación del agua subterránea y la ineficiencia con que se utiliza el agua en los distritos de riego.

Con respecto al abastecimiento de agua potable, debe destacarse que cinco poblaciones tienen graves problemas por el hecho de depender al 100% de agua subterránea: Ciudad Juárez, Chihuahua, Cuauhtémoc, Parral y Jiménez,

por lo cual es urgente dedicar presupuestos de los tres niveles de gobierno para estudiar otras fuentes externas, tanto de aguas superficiales como subterráneas para darle certeza a su crecimiento en el corto y mediano.

De los 36 acuíferos transfronterizos identificados en la frontera con Estados Unidos, solo dos colindan con Chihuahua: Bolsón del Hueco-Valle de Juárez y Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla. Vale señalar que estos acuíferos en ambos lados de la frontera están sobreexplotados, por lo que se sugiere crear en ambos países comités técnicos de aguas subterráneas para evitar la sobreexplotación y hacer eficiente su uso.

### El Tratado de Aguas de 1944

En este apartado, más que referirnos al tratado sobre la distribución de aguas internacionales entre México y Estados Unidos, celebrado el 4 de octubre de 1944 y publicado en el DOF el 30 de marzo de 1946, se pondrá énfasis en los problemas presentados recientemente y se presentará una estrategia para evitarlos cumpliendo con el compromiso sin afectar a los productores.

El tratado ha sido benéfico para ambos países, porque fija referencias territoriales derivadas del Tratado de Guadalupe Hidalgo, pero sobre todo porque se logra una distribución racional de las aguas internacionales que beneficia a poblaciones y áreas de riego de ambos lados de la frontera; con ello se ha coadyuvado a la estabilidad política en más de 175 años de relación como repúblicas libres y soberanas.

Sin duda el Tratado de 1944 resulta muy conveniente para México, porque se reciben del río Colorado por Mexicali 1,850.3 Mm<sup>3</sup> y se entregan por el río Bravo 431.7 Mm<sup>3</sup>, en promedios anuales, es decir, nuestro país recibe poco más de cuatro veces el volumen de agua que entrega (véase figura 6).

En los 79 años del tratado, solo en cuatro ocasiones México no ha entregado el volumen comprometido quinquenalmente (por razones de "sequía extrema", fenómeno previsto en el documento y que no implica incumplimiento): la primera en el ciclo octubre de 1953-octubre de 1958; la segunda en el ciclo junio de 1982-junio de 1987; la tercera en el ciclo septiembre de 1992-septiembre de 1997; y la cuarta correspondió al ciclo 34, de 2011 a 2015.

El ciclo 34 culminó con un déficit de 324.7 Mm<sup>3</sup>, caudal que fue solventado en los primeros meses de 2016, en tanto que en el ciclo 35, que inició el 25 de octubre del 2015 y terminó en octubre de 2020, se cerró con un adeudo de 233.553 Mm<sup>3</sup>, que debían pagarse al concluir el quinquenio. Esto no fue posible porque las presas registraban bajos volúmenes de almacenamiento; sin embargo, el compromiso se cumplió con aguas de las presas internacionales.

Durante el ciclo 35 se experimentó una serie de eventos inusitados aguas abajo de la presa La Boquilla, con hechos violentos entre productores y la Guardia Nacional, debido a que la autoridad del agua pretendió extraer 1,100 Mm<sup>3</sup> de las presas que conforman el Sistema Conchos



desde noviembre de 2019, y no solo el saldo de 233.5 Mm<sup>3</sup> con que cerró el ciclo. Cabe hacer notar que, de haberse extraído dicho volumen para pagar el tratado y canalizar caudales a los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan 026 de Tamaulipas, los beneficiarios de los distritos de riego 113 Alto Río Conchos, 005 Delicias y 090 Ojinaga no habrían podido cultivar en el ciclo primavera-verano 2020; en ello radicó la causa principal del conflicto.

Esta problemática suscitada en el ciclo 35 en parte se explica por la sequía, pero también por un manejo institucional inadecuado, al haberse abandonado las estrategias inductivas de negociación que prevalecieron durante 75 años, consistentes en pagar lo correspondiente a cada quinquenio en su fecha de vencimiento, y no antes.

Lo ocurrido en esta lamentable experiencia puede repetirse en el ciclo 37, si es que no se analizan a profundidad los factores regionales que están incidiendo en la menor oferta de agua y no se realizan acciones para hacer eficientes las áreas de riego.

Con la finalidad de continuar cumpliendo con el Tratado de Aguas de 1944, disipar confrontaciones políticas y evitar tensiones entre los productores, a continuación se formula un conjunto de reflexiones y recomendaciones objetivas que involucran a instituciones, gobiernos estatales y productores.

1. El cambio climático está imponiendo nuevas realidades que, en el caso del agua, impactan en su cada vez menor disponibilidad. Los ríos Colorado y Bravo y sus tributarios hoy en día ya no tienen los mismos caudales que en 1944; en ambas cuencas, la creciente demanda superó a una oferta, afectada también por los efectos del calentamiento global.
2. En Chihuahua el cambio climático está imponiendo condiciones que impactan en la disponibilidad de agua para todos los usos; por lo que se refiere a la agricultura, obligó a proscribir el ciclo otoño-invierno desde principios del presente siglo.
3. En EUA, desde junio de 2022 la vicepresidenta Kamala Harris puso en marcha el Plan de Acción de la Casa Blanca sobre la Seguridad Hídrica Global, aplicable en todo el país; se destinaron 63,000 millones de dólares para ejercer en 10 años.

4. En México es impostergable que el gobierno federal inicie un programa de mejoramiento y modernización de la infraestructura de los nueve distritos de riego involucrados en el tratado, desde Mexicali hasta el Golfo de México, ya que ello permitirá liberar volúmenes para el fin que se persigue. Urgen mayores presupuestos para la conservación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, para tener mayores niveles de eficiencia y estar en mejores condiciones de seguir cumpliendo con el tratado. Se requieren mayores inversiones para mejorar las condiciones de operación de las presas y evitar riesgos a la población.
5. La mayor parte de los canales en los distritos de riego tienen revestida solo una parte, lo que conlleva una pérdida muy importante por la infiltración. Es necesario terminar con este rezago mediante acciones de modernización, lo que implica buenas prácticas de riego, ya que en algunos casos los usuarios siguen regando por inundación pudiendo hacerlo por aspersión o goteo, dependiendo de cada cultivo y tipo de suelos. Con la modernización se puede ahorrar hasta el 40% de agua, y con ello garantizar el pago del tratado (Robledo, 2023).
6. El desafío más grande que existe hoy en día para el aprovechamiento de las aguas comprometidas con el tratado es precisamente diseñar y poner en práctica una estrategia de modernización; esto demanda un financiamiento multimillonario que debe buscarse en los organismos financieros internacionales y apalancarse con recursos de inversión pública y de los propios usuarios, vía créditos.
7. La Conagua debe adoptar acciones inmediatas para evitar la sustracción ilegal de agua, que se da por millones de metros cúbicos desde el Alto Conchos y a lo largo del río Bravo, donde existe infinidad de tomas clandestinas.
8. Debe evitarse el riego ilegal de las superficies que la Conagua compró en el pasado a usuarios mediante el Programa de Adecuación de Derechos de Uso de Agua (PADUA). Son cerca de 8,000 ha en los distritos de riego 05 Delicias y 090 Bajo Río Conchos, más de la mitad de las cuales se ha vuelto a cultivar.

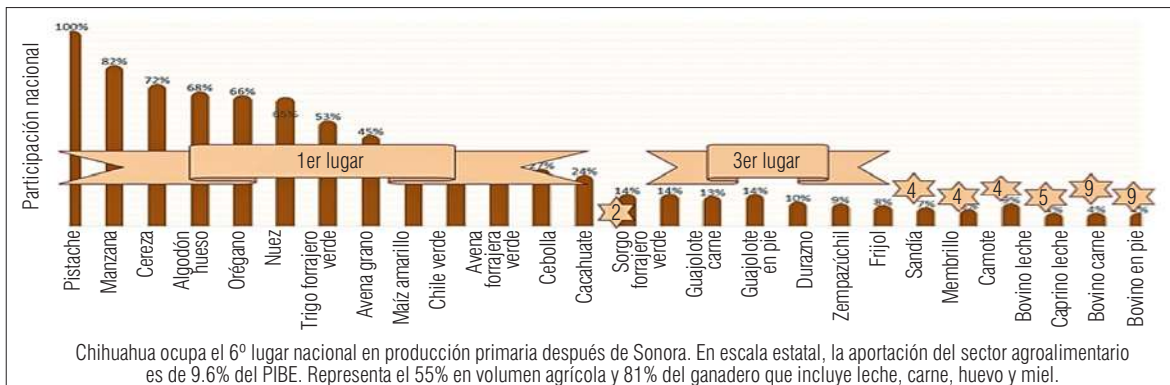


Figura 5. Volumen de producción agropecuaria en Chihuahua.

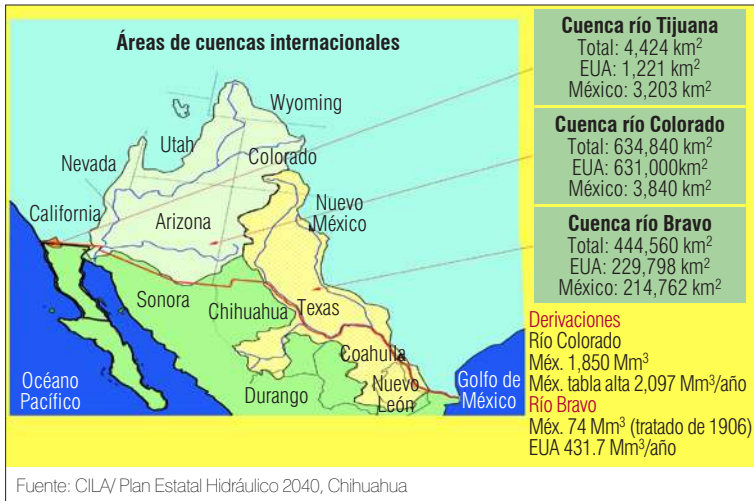



Figura 6. Tratado de Aguas México-Estados Unidos

9. Se recomienda dotar a los distritos de riego de equipamiento y personal técnico para medir la entrega del agua concesionada, ya que no existe precisión en la medición; normalmente, dichos volúmenes exceden a los aprobados en las concesiones a nivel parcelario, lo cual se explica por la deficiencia de las estructuras aforadoras, que son obsoletas o están fuera de uso, pero también por la carencia de personal técnico. No menos importante es fortalecer a la institución que funge como autoridad del agua, que desde hace algunos años entró en un proceso de debilitamiento progresivo que la incapacita para hacer cumplir la Ley de Aguas Nacionales –que se viola de manera recurrente–. “Por ello, el Colegio de Ingenieros Civiles de México propondrá a los próximos candidatos a la Presidencia de la República den “prioridad al agua” y fortalezcan a la Conagua ya que se avecina escasez y con ello diversos problemas sociales” (Robledo, 2023).
10. La perspectiva que se tiene sobre el cumplimiento del tratado, si es que prevalecen las circunstancias de ineficiencia y de menor disponibilidad, es desalentadora: cada vez será más complicado cumplir con los volúmenes pactados con EUA, por lo que resulta inaplazable tomar un conjunto de medidas para atemperar y solucionar la problemática expuesta y evitar su recurrencia, sobre todo cuando existen posibilidades reales de hacerlo con el apoyo del Colegio de Ingenieros Civiles de México y el financiamiento de organismos financieros internacionales como el BIRF, el BID y Natbank.
11. En virtud de las nuevas realidades que se están experimentando a nivel global y en México, se recomienda construir un nuevo andamiaje constitucional e institucional, donde se considere la creación de la Secretaría del Agua y Medio Ambiente, o un nuevo organismo que responda a los problemas que han proliferado en el sector hídrico, tanto por la cada vez menor disponibilidad de agua, como por rezagos administrativos y de gestión del agua actuales.

12. Sin duda es necesario actualizar el marco legal, con la expedición de una nueva Ley General de Aguas tanto para cumplir con el mandato constitucional del 8 de febrero del 2012 relacionado con el cumplimiento del derecho humano al agua, como para darle certidumbre y sostenibilidad al desarrollo de las actividades productivas y al crecimiento de las ciudades.
13. En concordancia con lo anterior, será necesario reformar las 10 leyes vinculadas a esta iniciativa: Ley de Aguas Nacionales, Ley de Desarrollo Rural Sustentable, Ley General de Cambio Climático, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley de Energía para el Campo, Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable, Ley General de Salud, Ley Federal de Derechos, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y Ley General de Bienes Nacionales.
14. Se recomienda que la nueva secretaría u organismo que funja como “autoridad del agua” formule un Programa Nacional Hídrico 2025-2050 donde se establezcan claramente las prioridades nacionales y regionales del sector en materia de abastecimiento de agua potable y riego, incluyendo la conservación y mantenimiento de la infraestructura construida. En este programa se planteará la construcción de proyectos estratégicos para aumentar la capacidad de abastecimiento de agua potable y saneamiento, acorde con el crecimiento poblacional. Igualmente deberán considerarse los proyectos de infraestructura hidráulica para incrementar las superficies de riego y la producción de alimentos.
15. Que el Colegio de Ingenieros Civiles de México presente al próximo presidente de la República electo el Programa Nacional Hídrico 2025-2050, para que el nuevo Congreso de la nación le otorgue mayor inversión al agua. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) recomendó dedicarle al agua potable y saneamiento el 0.52% del PIB durante 10 años, lo cual equivale a unos 135,000 millones de pesos anuales a precios constantes de 2021. Para los proyectos de riego existentes, algunos analistas hemos estimado que se requieren alrededor de 65,000 millones anuales durante 10 años a precios constantes de 2021. En total, 200,000 millones de pesos anuales durante 10 años a precios de 2021 

**Referencias**


Hugonnet, R., et al. (2021). Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature* 592: 726-731.

National Geographic, NG (2022). Cuál es el origen de la humanidad según la ciencia. Disponible en: [www.nationalgeographic.com/historia/2022/12/cual-es-el-origen-de-la-humanidad-segun-la-ciencia](http://www.nationalgeographic.com/historia/2022/12/cual-es-el-origen-de-la-humanidad-segun-la-ciencia).

Robledo, L. (2023). Prioridad al agua ante su cada vez menor disponibilidad. *Diálogo con Ingenieros*, 1 de agosto, 2023. Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Schelling, F. (2002). *Las edades del mundo*. Akal.

Water Science School, WSS (2018). Where is Earth's water? United States Geological Survey. Disponible en [www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/where-earths-water](http://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/where-earths-water)

 ¿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

# Tú puedes ser parte del Diálogo con los **EXPERTOS** más Reconocidos e Influyentes de la **Ingeniería Civil** y la **INFRAESTRUCTURA**



Te esperamos todos los lunes de 08:00 a 10:00 (CDMX),  
desde la sede del Colegio de Ingenieros Civiles de México



Si te perdiste alguna sesión, puedes ver los videos completos en nuestras Redes Sociales.



FACEBOOK  
CICMComunidadVirtual



YOUTUBE  
CICM Oficial



PARTICIPA CON S.LI.DO  
#DIALOGOCICM

# La inteligencia artificial en el comercio y el transporte

Este artículo está dividido en ocho partes, en las que se examina lo que está ocurriendo en México como resultado de su participación activa en la evolución tecnológica en el ámbito del comercio internacional y el transporte y cómo ha enfrentado los cambios que se demandan en materia de información ante los nuevos requisitos que deben cumplir las empresas de acuerdo con nuestra regulación; asimismo, se plantea qué es lo debemos hacer en el futuro para mejorar la forma de manejar esa problemática.

HÉCTOR  
LÓPEZ  
GUTIÉRREZ

Ingeniero civil con más de 60 años de experiencia en puertos e ingeniería de costas. Ha sido profesor en la materia durante más de 50 años.

**La creciente necesidad** de manejo de datos estadísticos, de información general, de contenidos especializados, de requisitos que a su vez requieren respuestas asociadas con su cumplimiento... resumiendo: de información en todos los procesos relacionados con el comercio internacional y nacional y en los medios de transporte de que se sirve obligó a la incorporación de la inteligencia artificial (IA), por la necesidad de crear sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción, sistemas que pudiesen percibir su entorno, razonar sobre el conocimiento, procesar la información derivada de los datos y tomar decisiones para lograr un objetivo dado, objetivo que, en este caso, es muy dinámico y a veces cambiante.

## Cambios en los sistemas de información y control

La evolución del comercio mundial generó un gran polo maquilador en el Lejano Oriente para abastecer los grandes centros consumidores de Norteamérica y la Unión Europea mediante cadenas logísticas multimodales, manejadas según principios de eficiencia, tiempo y costo; esto produjo un gran cambio en la organización institucional gubernamental y empresarial de los sistemas de información y control.

En México, el cambio se enfrentó con proyectos y modificaciones en la regulación y organización del transporte en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con estudios del Instituto Mexicano del Transporte, a partir de 2010, sobre organización de plataformas logísticas y co-

redores multimodales y con la participación empresarial a través de la Confederación de Cámaras Industriales.

No obstante esta evolución y la gran participación del transporte marítimo, no se modificó sustancialmente el desequilibrio en el desarrollo regional que históricamente ha tenido nuestro país entre el altiplano y las regiones costeras. Empero, se abrió la puerta al uso de la inteligencia artificial para el manejo de los grandes volúmenes de información generada por el cambio.

## Distorsión en principios que rigen cadenas logísticas

México ocupa el sexto lugar en exportación de automóviles de diversas marcas y especificaciones técnicas de fabricación y condiciones de venta. Pero también comporta la distorsión en los principios que rigen las cadenas logísticas, por la ubicación de la totalidad de ellas lejos de las regiones costeras.

Esta posición en el mercado mundial de los vehículos ligeros tiene dos vertientes: por un lado, comprende el uso de diversos procesos de automatización, desde la fabricación de las distintas piezas que componen dichos vehículos, lo cual, a su vez, presupone una serie de normas y características de los distintos materiales de que están hechas tales piezas.

La otra se refiere al manejo de la información del proceso logístico desde el suministro de las piezas y componentes enviados por las casas matrices a las empresas, a las plantas armadoras, la mayor parte de las veces por vía marítima; concluido el proceso de armado de los vehículos, en la fase final, en los puertos de exportación,



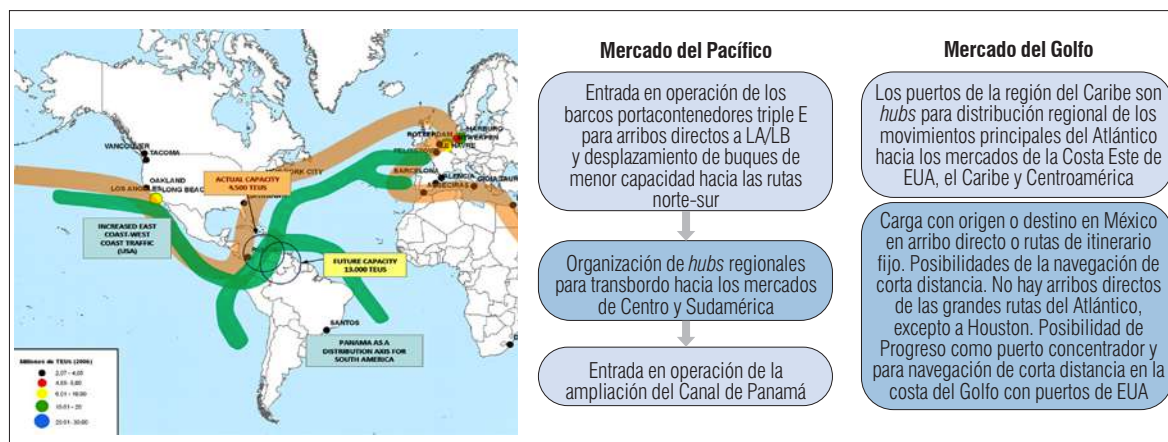


Figura 1. Problemática de la integración al comercio global.

donde se incluyen los acabados, desde el color hasta los accesorios requeridos por los clientes nacionales o extranjeros. Todo ello requiere la capacitación del personal para atender la automatización de los procesos.

Si bien la industria automotriz requiere y apoya la formación especializada de personal, con el crecimiento de la demanda se da la aplicación de IA y por tanto se desplaza personal.

### Relocalización de líneas de producción

Nuestro país se ha convertido, por su cercanía con el mercado más grande del mundo, en uno de los principales receptores de los beneficios de la relocalización de líneas de producción (*nearshoring*), lo que representa, entre otros fenómenos, un notable incremento en el manejo de información muy variada desde las cadenas de suministro hasta la venta de la producción.

La Asociación Mexicana de Parques Industriales Privados, en una encuesta realizada en 2019, señaló que el cambio en la estrategia global de producción y en las cadenas de suministro trajo consigo cierta variación en el comportamiento de la inversión extranjera directa (IED). El 33% de los industriales percibió un fuerte interés por la expansión de las operaciones actuales; para 2020 se pronosticó un incremento del interés de 44% de empresas de Estados Unidos por el *reshoring*, en parte por la guerra comercial China-Estados Unidos, pero en gran medida también por los cambios en las reglas del T-MEC. A su vez, para ese año, el 53% predijo que habría un incremento del interés de empresas de China por el *nearshoring*, principalmente por los cambios en las cadenas de suministro derivados de la pandemia. En el aspecto del *nearshoring*, se identifica un auge de empresas que arriban para desarrollo tecnológico y de sistemas, particularmente para la creación de *data centers*.

### Posición ventajosa de México

La posición de nuestro país respecto de los grandes flujos del comercio marítimo mundial es muy ventajosa;

sin embargo, por las características de los mercados del Pacífico y el Golfo de México, por los volúmenes y las características de las cadenas intermodales correspondientes, se generan problemas para las empresas privadas y las dependencias del sector público en cuanto al manejo de la información aportada por dichas cadenas.

Esta situación, derivada de la ya comentada excesiva concentración industrial en el altiplano, y en especial en la región central del país, ha motivado incrementos en los costos de construcción de nueva infraestructura y en la capacidad del modo de transporte terrestre, que no está económicamente balanceado con los volúmenes aportados por el transporte marítimo respectivo (véase figura 1).

Estas diferencias requieren, como instancia fundamental, la adecuada coordinación entre los distintos modos de transporte, en especial el autotransporte; sin esta coordinación se dificultará hacer eficiente el manejo de los flujos intermodales.

### Dificultad en la integración de información

El desarrollo del intermodalismo en México enfrenta el problema del tamaño de los mercados y el modo actual de los procesos de distribución desde las plataformas logísticas principales hacia los centros menores de consumo, donde prevalece la presencia del hombre-camión. Según las Estadísticas Básicas del Autotransporte 2022, 160,773 empresas están en manos del hombre-camión, lo cual representa el 81.8% de las unidades económicas del sector y 23.65% de los vehículos. Esto dificulta la integración de la información, porque ese numeroso grupo ve al intermodalismo como competencia, en vez de considerarlo como una posibilidad de ampliar su mercado.

En este orden de ideas, la orientación norte-sur de nuestro comercio exterior hacia los puertos fronterizos crea una forma de cabotaje terrestre bien desarrollado, a diferencia de la poca atención prestada al cabotaje marítimo y, en menor grado, al ferrocarril de doble estiba (véase figura 2).

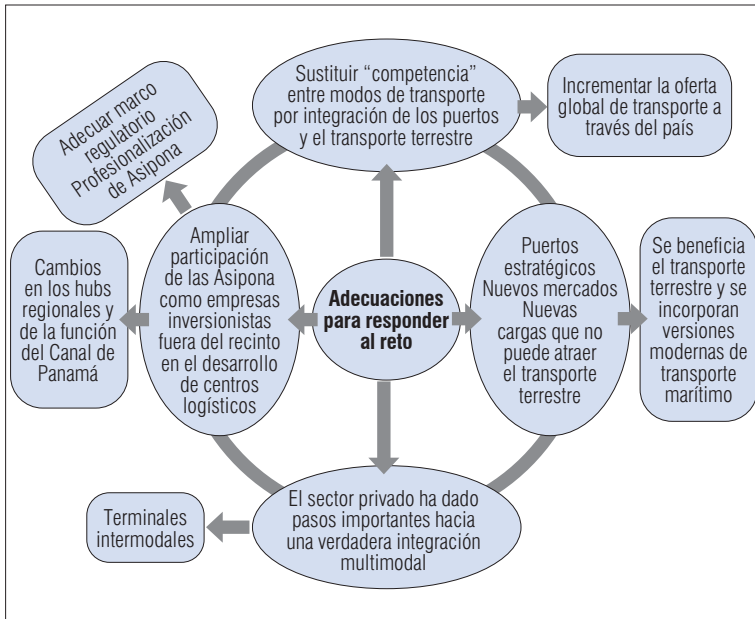


Figura 2. Integración de un sistema de transporte.

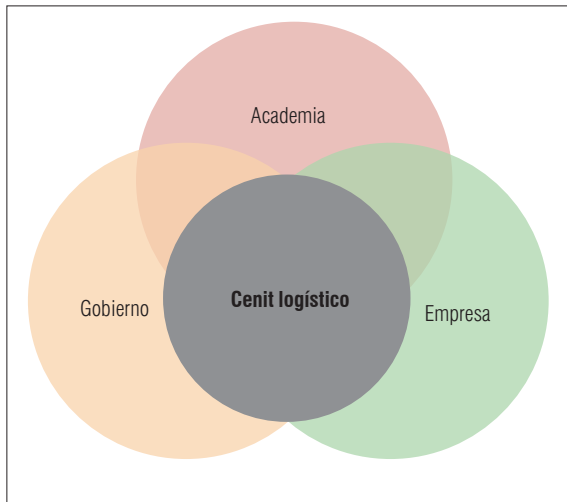


Figura 3. Composición del Centro Nacional de Inteligencia para la Innovación en Transporte y Logística.

Mientras prevalezca un sistema de distribución que pretende ser intermodal en el amplio sentido de la palabra, pero que sigue padeciendo problemas por los requisitos entre dependencias del sector público que lo regulan y la disposición del sector privado para aceptar en forma coordinada dicha integración, esta situación poco favorable seguirá siendo un obstáculo para el desarrollo del multimodalismo.

**Poblaciones indígenas y sus usos y costumbres**

Se han venido considerando, por una parte, los distintos factores que dificultan el manejo de la información generada por las cadenas intermodales de acuerdo con su ubicación por litoral; por la otra, la falta de integración de

los modos de transporte, en especial el autotransporte. También se han señalado las ventajas y la problemática del impulso al *nearshoring*. Pero existe otro tema importante. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), en el país hay 25.7 millones de personas, el 21.5% de los habitantes totales, que se autodescribe como indígena.

Esta característica étnica cobra relevancia particularmente en los estados de Oaxaca –en la zona del Istmo de Tehuantepec– y Chiapas –en la porción del Soconusco–, pues en estas zonas prevalecen los usos y costumbres, que influyen en la aceptación de modos de desarrollo distintos de los practicados ancestralmente.

Las múltiples intenciones de corregir el menor desarrollo en esa parte de nuestro país, actualmente mediante la orientación del *nearshoring* hacia los mercados centroamericanos, han dejando de lado lo que significan los usos y costumbres en términos de pérdida de eficiencia. El verdadero desarrollo integral de esas regiones no puede lograrse ignorando dicha realidad; debe encontrarse un justo medio.

**La IA en la integración productiva**

La estrategia para el fortalecimiento de la información logística del país debe considerar dos vertientes, de las cuales se derivan grandes proyectos y líneas de acción y, al propio tiempo, la cantidad considerable de datos e información, así como el procesamiento del conjunto. Este es un reto para el manejo integral del sistema comercial de México.

La participación de las diversas dependencias del gobierno federal que atienden el cumplimiento de los requisitos por parte de las cadenas intermodales en el ámbito de su competencia y de las empresas involucradas en la realización de acciones y trámites de tales cadenas dio como resultado que el IMT propusiera la creación del Centro Nacional de Inteligencia para la Innovación en Transporte y Logística. (véase figura 3).

**La IA en la vida cotidiana**

La IA ya no está en la etapa de investigación inicial, sino que se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana. Su aplicación en logística ha demostrado resultados significativos en términos de reducción de costos operativos, optimización de rutas y tiempos de entrega más eficientes. Sin embargo, los resultados específicos pueden variar según el caso y la implementación, y es necesario considerar cuidadosamente las implicaciones éticas y sociales de la IA para tomar precauciones y evitar riesgos innecesarios.

Si bien la tecnología desplaza personal, también aumenta la productividad; si las personas aprenden a utilizar la nueva tecnología, eventualmente ganarán más dinero o trabajarán menos por la misma cantidad. Aparecerán nuevas profesiones que reemplazarán a las antiguas, tal como ocurrió en el pasado con la industrialización; pero, como en esa etapa de la historia, es



preocupante el proceso de transición, ya que es posible que durante ese periodo muchas personas sufran despidos o interrupciones que pueden ser políticamente peligrosas. Los países desarrollados que lideren la revolución de la IA se verán beneficiados, pero los países en desarrollo, que dependen de sectores laborales específicos, podrían enfrentar dificultades para reciclar a su fuerza laboral

En otros ámbitos de aplicación, es indudable que la IA ha acelerado el progreso de la medicina, por ejemplo. La IA no es una amenaza para la humanidad. Son importantes el tiempo y el espacio en esta transición; preocupa el peligro de manipular nuestra biología y mente sin comprender completamente las consecuencias.

En última instancia, desde las perspectivas tecnológica y humanitaria es de la mayor importancia tomar decisiones informadas y éticas para garantizar un futuro en el que la IA beneficie a la humanidad, en lugar de perjudicarla.


### Conclusiones


Se ha abierto la puerta al uso de la inteligencia artificial para el manejo de los grandes volúmenes de información generada por la evolución del comercio mundial. Esta nueva realidad requiere la capacitación del personal para atender la automatización de los procesos, pues esta, aunada al aumento en la demanda de bienes, provoca el desplazamiento de personal.

México tiene mucho que mejorar en términos de manejo de la información para las industrias de inversión directa. Sin la adecuada coordinación entre los distintos modos de transporte, en especial el autotransporte, se dificultará hacer eficiente el manejo de los flujos intermodales.

Deben ajustarse los requisitos regulatorios y revisarse la disposición del sector privado para aceptar la integración de los modos de transporte. Asimismo, ha de encontrarse un justo medio entre las necesidades de desarrollo regional y los usos y costumbres que prevalecen en algunas zonas del país.

Atendiendo a estas nuevas realidades, el Instituto Mexicano del Transporte ha propuesto la creación del Centro Nacional de Inteligencia para la Innovación en Transporte y Logística, en el contexto de la necesidad de capacitarnos para manejar con inteligencia artificial la integración productiva regional y las cadenas globales de valor agregado.

Es incuestionable que la IA seguirá avanzando en cualquier ámbito de la vida humana. La IA no es una amenaza para la humanidad, pero es imprescindible que las nuevas generaciones, desde su formación básica hasta la especializada, mantengan en el centro de su atención la necesidad de que prevalezca la inteligencia humana sobre la artificial 

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


# La mente, en pocas palabras



### Netflix, 2019

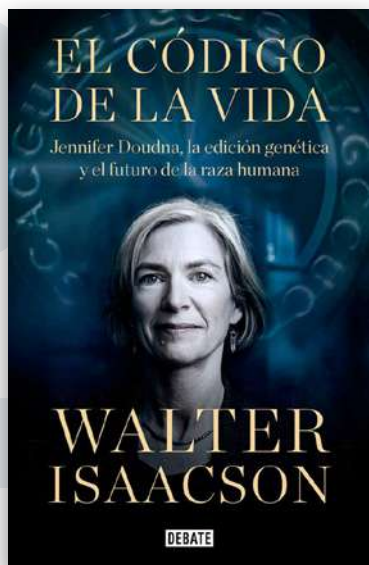
**Esta serie**, narrada por Emma Stone en su primera temporada y por Julianne Moore en la segunda, es una excelente introducción a la ciencia detrás de los sueños, la creatividad, la formación y recuperación de los recuerdos, entre otros muchos temas, para saber cómo funciona nuestra mente y asomarnos a las complejidades de nuestro cerebro.

Aunque no se tratan los temas a profundidad, al final de cada episodio se sabe un poco más sobre la manera en que funciona nuestro cerebro y más aún: por ejemplo, muestra que, con afanes científicos, los médicos e investigadores han realizado algunas actividades cuestionables, como el uso de un bebé humano para inducir ansiedad con fines de investigación o aplicar electricidad en los cerebros de los pacientes para mostrar la respuesta al estímulo.

En todos los episodios se intenta ilustrar con animaciones y otros recursos temas fascinantes, como la actividad que se da en la amígdala durante un ataque de pánico 


# El código de la vida

Jennifer Doudna,  
la edición genética y el  
futuro de la raza humana



**Walter Isaacson**  
**Debate, 2018**

**Bioquímica, investigadora**, profesora universitaria y reciente Premio Nobel, Jennifer Doudna realizó en 2012, junto con Emmanuelle Charpentier, uno de los avances científicos más importantes del último siglo: el desarrollo de la tecnología CRISPR, una herramienta genética capaz de editar el ADN. *El código de la vida* es la trepidante historia de ese descubrimiento, sus orígenes, sus protagonistas, sus aplicaciones científicas... y esto abre un debate: ¿debemos modificar a nuestra propia especie para evitar ser susceptibles a virus mortales, recurrir a la edición genética para eliminar desórdenes graves como la enfermedad de Huntington, la anemia o la fibrosis quística? ¿Y si hablamos de la sordera o la ceguera, de la baja estatura, de la depresión? ¿Deberíamos permitir a los padres mejorar la musculatura o el coeficiente intelectual de sus hijos o decidir el color de los ojos, o de la piel?

Si evitamos la aleatoriedad, ¿qué ocurriría con la diversidad de nuestras sociedades? ¿Cómo afectaría esto la empatía y la capacidad de aceptación de lo diferente? 

## 2023

Noviembre 9

### **IV Foro Internacional Edificaciones Sustentables y la Normalización**

Alianza FiiDEM

Ciudad de México

[info@alianzafiidem.org](mailto:info@alianzafiidem.org)

Noviembre 14 al 16

### **32 Congreso Nacional de Ingeniería Civil**

Colegio de Ingenieros Civiles de México

Ciudad de México

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

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

### **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)

Noviembre 29 a diciembre 1

### **5º Congreso Mexicano de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas**

Asociación Mexicana de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas, A.C.

Ciudad de México

[www.amitos.org](http://www.amitos.org)

Noviembre 29 a diciembre 1

### **7th International Conference on Mechanical Models in Structural Engineering**

Universidad de Málaga

Málaga, España

[eventos.uma.es](http://eventos.uma.es)



# Cuéntanos



## tu proyecto



## y hacemos



## equipo.



Todo lo recubre y protege Comex Profesional.



**Comex**  
Profesional





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



**Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México A.C.**

**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)

