



Corrección de γ_{max}

$\gamma_c = 0.33\gamma_{max}$

Se deberá diseñar para un factor de seguridad que los otros entresijos se diseñaran con Q' correspondiente al sistema estructural

$\gamma_c = 0.33\gamma_{max}$

Se deberá diseñar el entresijo y todos los miembros que lo conectan con un cortante basal asociado a un factor de $Q' = 1$

648 / AÑO LXXIV / ENERO 2024 / \$60

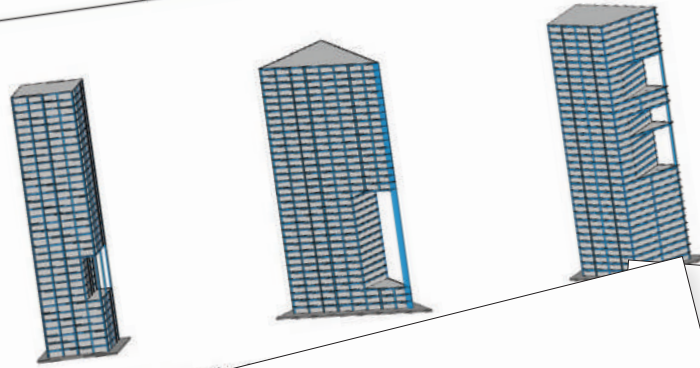
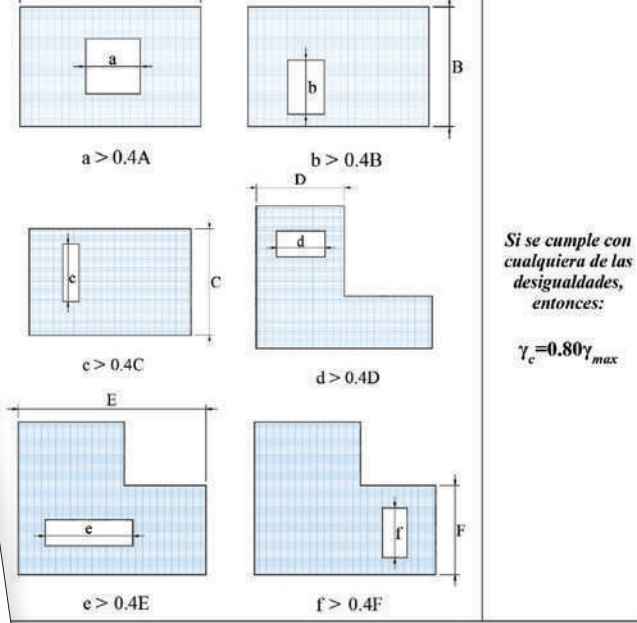


Figura C5.8.1.1 Ejemplos de irregularidad por reducciones geométricas en elevación



Si se cumple con cualquiera de las desigualdades, entonces:

$\gamma_c = 0.80\gamma_{max}$

I - Ejemplos de irregularidad por reducciones geométricas en elevación

Condiciones	Corrección (reducción de γ_{max})
	<p>Si se cumple con cualquiera de las desigualdades, entonces:</p>

NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL DISEÑO POR SISMO

Condiciones	Corrección (reducción de γ_{max})
	<p>Si se cumple con la desigualdad, entonces:</p> <p>$\gamma_c = 0.80\gamma_{max}$</p>

Tabla C5.2.3.1 - Forma geométrica irregular en planta

Inciso	Condiciones
5.2.3 Forma geométrica irregular en planta	<p>Se muestran unos ejemplos de irregularidades en planta</p>

Tabla C5.3.2.1 - Irregularidad por reducciones bruscas de rigidez lateral

Inciso	Condiciones	Corrección (reducción de γ_{max})
5.3.2 Irregularidad por reducciones bruscas de rigidez lateral		<p>Si se cumple con la desigualdad, entonces:</p> <p>$\gamma_c = 0.80\gamma_{max}$</p>

Tabla C5.2.4.1 - Ejemplos de irregularidad por flexibilidad excesiva de miembros

Inciso	Condiciones

La NTC-Sismo 2023 para la Ciudad de México



ESEASA CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V.

Líderes en izaje

Más de 1,500 proyectos concretados nos respaldan



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 para el sector Oil & Gas ejecutados por nuestros socios comerciales:

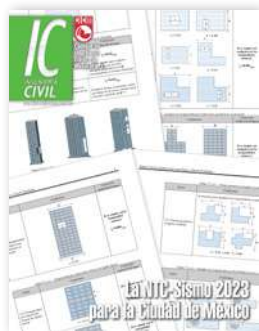
PESADO TRANSPORT y ESEASA OFFSHORE.

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 648, enero de 2024



Acerca de la portada. data.consejeria.cdmx.gob.mx

8 PLANEACIÓN / **VISIÓN FUTURA DEL AGUA POTABLE EN MÉXICO** / LUIS FRANCISCO ROBLEDO CABELLO

14 LEGISLACIÓN / **ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA. DEL LABORATORIO A LA NORMATIVA** / JUAN JOSÉ PÉREZ GAVILÁN E.

20 TEMA DE PORTADA / LEGISLACIÓN / **LA NTC-SISMO 2023 PARA LA CIUDAD DE MÉXICO** / AMADOR TERÁN GILMORE

24 ENERGÍA / **LA INGENIERÍA CIVIL EN LA TRANSICIÓN A UN SISTEMA DE ENERGÍA SOSTENIBLE** / JOSÉ LUIS ABURTO



28 DIÁLOGO / **LA INVERSIÓN PÚBLICA SÍ PUEDE SER EL PRINCIPAL MOTOR DEL DESARROLLO** / JORGE NUÑO LARA

34 VÍAS TERRESTRES / **MATERIALES PARA MARCAS EN EL PAVIMENTO** / LILIANA ROCÍO RANGEL LANUZA

40 CULTURA / **LIBRO LAS CHICAS DEL MURO** / JORGE CORRALES



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**

IC Ingeniería Civil, año LXXIV, número 648, enero de 2024, 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, 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 diciembre 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

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

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

ICA FLUOR

CONSTRUIMOS CON VALORES



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



XXXIX CONSEJO DIRECTIVO

Presidente

Jorge Serra Moreno

Vicepresidentes

José Cruz Alférez Ortega

Felipe Ignacio Arreguín Cortés

Verónica Flores Déleon

Juan Guillermo García Zavala

Walter Iván Paniagua Zavala

Luis Francisco Robledo Cabello

Alejandro Vázquez López

José Arturo Zárate Martínez

Primer secretario propietario

Luis Antonio Attias Bernárdez

Primera secretaria suplente

Ana Bertha Haro Sánchez

Segundo secretario propietario

Carlos Alfonso Herrera Anda

Segunda secretaria suplente

Pisis M. Luna Lira

Tesorero

Mario Olguín Azpeitia

Subtesorero

Regino del Pozo Calvete

Consejeros

Renato Berrón Ruiz

Juan Cuatecontzi Rodríguez

David Oswaldo Cruz Velasco

Luis Armando Díaz Infante Chapa

Luciano Roberto Fernández Sola

Juan Carlos García Salas

Celina González Jiménez

Mauricio Jessurun Solomou

Reyes Juárez del Ángel

Luis Enrique Montañez Cartaxo

Juan José Orozco y Orozco

Juan Carlos Santos Fernández

Óscar Solís Yépez

Guadalupe Monserrat Vázquez Gámez

Jesús Felipe Verdugo López

José Santiago Villanueva Martínez

Más allá de nuestra responsabilidad constitucional

Deseo que nuestros lectores hayan disfrutado las fiestas junto a sus familias y amigos preparándose con la mejor energía para el nuevo año.

De manera institucional, lo que ha caracterizado siempre a nuestro Colegio de Ingenieros Civiles de México es el trabajo sin interrupción, ofreciendo servicios a nuestros socios y actuando siempre con responsabilidad profesional y social enfocados en lo mejor para nuestro país y para cada uno de los mexicanos. Esto se expresa tanto en los servicios individuales y colectivos para nuestros asociados como en los diferentes espacios de nuestra organización, como el CAPIT o los 14 comités técnicos por especialidad, que de forma regular reúnen información, la analizan, debaten y llegan a conclusiones que se reflejan en propuestas específicas de acción.

Más allá de nuestra responsabilidad gremial y constitucional, que consiste en atender los requerimientos del poder público en materias de nuestra incumbencia para el desarrollo de infraestructura, permanentemente analizamos, debatimos y proponemos opciones para resolver las múltiples necesidades y los desafíos de la población en cuanto a productos y servicios de calidad en esa esfera.

Particularmente en este 2024, cuando habrá elección presidencial, estudiamos los asuntos pendientes y sus posibles soluciones en materia de obra pública, haciendo particular hincapié en la imperiosa necesidad de generar planeación para el corto, mediano y largo plazo, como un instrumento valioso para operar con eficiencia y eficacia y cumplir con los compromisos de calidad, costo y plazos.

Jorge Serra Moreno

Presidente del XXXIX Consejo Directivo

Hacia el renacimiento de los trenes de pasajeros en México

El 20 de noviembre de 2023 se publicó el decreto por el que se declara área prioritaria para el desarrollo nacional la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en el Sistema Ferroviario Mexicano, para la implementación de servicios de pasajeros que permitan mejorar la calidad de vida, el bienestar y la movilidad de las personas. En este artículo se revisan los antecedentes del servicio de pasajeros en México, se analizan los impactos del decreto y se presentan recomendaciones.

JUAN CARLOS
**MIRANDA
HERNÁNDEZ**
Ingeniero civil,
maestro en
Planeación y
MBA. Experto en
infraestructura,
operación y gestión
ferroviaria. Perito
en Vías Terrestres
(Ferrocarriles) y
en Gerencia de
Proyectos.

Entre 1996 y 1999 se llevó a cabo el proceso de reestructuración de los ferrocarriles mexicanos. Para ello, se modificó el artículo 28 de la Constitución y se definió a los ferrocarriles como área prioritaria del desarrollo nacional; se publicó la nueva Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario y el Reglamento del Servicio Ferroviario, con lo cual se otorgaron concesiones de las vías generales de comunicación ferroviaria, los bienes del dominio público asociados (derecho de vía e instalaciones) y la prestación del servicio ferroviario de carga.

A la fecha, el éxito de este proceso es contundente: se han modernizado las vías férreas, las instalaciones y el equipo, con inversiones acumuladas cercanas a los 14,000 millones de dólares y se han implantado procesos de operación, gestión y explotación eficientes, lo que ha permitido mejorar el servicio y con ello duplicar el volumen de transporte ferroviario para mover actualmente el 26% del transporte terrestre de carga del país. Sin embargo, el servicio de pasajeros no ha tenido la misma dinámica, debido a que durante el proceso de reestructuración se determinó que este no se justificaba ni económica ni socialmente, por lo que solo se otorgó la concesión al Ferrocarril Pacífico Norte (hoy Ferromex) para la prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en la línea Chihuahua-Topolobampo, conocido como *Chepe* (figura 2). A 25 años de las concesiones, se han desarrollado ciertos servicios de pasajeros, como el Suburbano Buenavista-Cuautitlán, el tren turístico Puebla-Cholula y, recientemente, proyectos de mayor envergadura, como el Tren Interurbano México-Toluca y el Tren Maya.

La publicación en el Diario Oficial de la Federación del decreto del 20 de noviembre de 2023 “por el que se declara área prioritaria para el desarrollo nacional la

prestación del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros en el Sistema Ferroviario Mexicano” pone a la industria ferroviaria en un nuevo contexto, con un diseño por definir y con retos técnicos, operativos y financieros por enfrentar.

Antecedentes

Para diseñar el modelo de prestación del servicio de pasajeros interurbano en México más factible, eficiente y competitivo, es necesario entender la evolución histórica del servicio.

A finales del siglo XIX y principios del XX el transporte de pasajeros fue intrínseco al ferrocarril. La integración territorial, así como el desarrollo social y económico del país, se le debe en gran parte a los ferrocarriles, a través de la movilidad y el desarrollo urbano que estos permitieron. Así, en 1969 se tuvo el máximo histórico de movimiento de pasajeros por ferrocarril, con 37 millones. Pero a partir de ese año se presentó una caída sostenida, causada por la deficiente calidad del servicio y el incremento de la oferta de las líneas aéreas de bajo costo y de los autobuses (particularmente a partir de la desregulación del autotransporte federal de 1990). Así, en 1996 se movieron solo 6.4 millones de pasajeros.

Durante el proceso de reestructuración de los ferrocarriles (1996-1999) se analizaron diversas alternativas para el servicio de pasajeros, desde la participación de un organismo público para operar en las vías de los concesionarios de carga mediante derechos de paso hasta su cancelación. La decisión final fue esta última, considerando que el ferrocarril movía menos del 1% de los pasajeros interurbanos y que los costos de operación eran cuatro veces los ingresos, con tarifas por debajo de las del autotransporte.

Sin embargo, hubo dos consideraciones importantes: 1) desarrollar el sistema de trenes suburbanos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México mediante concesión (sistema del cual solo se ha puesto en operación el tramo Buenavista-Cuautitlán, y ahora el acceso al AIFA) y 2) una previsión importante en los títulos de concesión, consistente en que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (hoy SICT) podría otorgar concesiones a terceras personas o derechos a otros concesionarios para que, dentro de la vía férrea concesionada, estos puedan prestar el servicio público de transporte ferroviario de pasajeros.

Alcance del decreto

El decreto parte de la iniciativa del Presidente de la República de desarrollar servicios de pasajeros que permitan mejorar la calidad de vida, el bienestar y la movilidad de las personas utilizando la infraestructura férrea existente, y fundamentándolo en la previsión que quedó establecida en los títulos de concesión (figura 2). Así, no existe ninguna afectación a los derechos de los concesionarios. Simplemente se está haciendo uso de la facultad de la SICT de otorgar nuevas concesiones para el desarrollo de los servicios de pasajeros. De hecho, ya se ha instrumentado esta previsión, como en el caso del tren turístico Puebla-Cholula (asignación otorgada al gobierno del estado de Puebla) y en el de la línea 4 del tren ligero de Guadalajara (asignación otorgada al gobierno del estado de Jalisco).

El decreto establece que, antes de otorgar concesiones para prestar el servicio de pasajeros a particulares, o bien asignaciones a la Secretaría de la Defensa Nacional (Sedena) o a la Secretaría de Marina (Semar), se otorga la prerrogativa a los actuales concesionarios para presentar su propuesta de desarrollo de los servicios. Si esta es aceptada por la SICT, simplemente será necesario modificar los títulos de concesión de los concesionarios para la prestación del servicio y, en su caso, para la construcción de los proyectos.

En resumen, la propuesta está adecuadamente fundamentada desde el punto de vista legal, y no hay riesgo de impugnación de los concesionarios de carga. Incluso si la prestación del servicio de pasajeros lo hiciera la Sedena, la Semar o un particular, tampoco debería haber impugnación de los concesionarios, ya que la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario establece que, en estos casos, se otorgarán derechos de paso a cambio de una contraprestación. Todo se reduciría a convenir los montos de la contraprestación y los términos operativos del derecho de paso (lo cual no es necesariamente un tema sencillo, pero es finalmente resoluble).

El verdadero riesgo es su implementación. Si no se realizan los estudios y los proyectos adecuadamente, pueden cometerse errores.

La fecha máxima que establece el decreto para la presentación de la inversión y calendario de construcción y modernización de vías para otorgar el servicio de pasajeros por parte de los concesionarios es el 15 de ene-



Figura 1. La única concesión otorgada para el servicio de pasajeros en el proceso de reestructuración fue la línea conocida como Chepe.

ro de 2024, que es un plazo sumamente limitado. En caso de que la Sedena o la Semar sean las que presten el servicio de pasajeros, el problema será el mismo: requerirán estudios y proyectos para el diseño pertinente de la infraestructura y del servicio de pasajeros, con la particularidad de que deberán acordar con los concesionarios la operación conjunta.

Más allá del corto tiempo para preparar la propuesta, deben analizarse retos técnicos, operativos y financieros.

Retos técnicos

Demanda. Como se mencionó, la decisión de no incluir los servicios de pasajeros en el proceso de reestructuración de los ferrocarriles se debió, además de la baja calidad del servicio, a la decreciente demanda, particularmente por la pérdida de competitividad frente al auto-transporte, el cual es altamente competitivo en tiempos de recorrido, tarifas y frecuencias. Debe analizarse la estructura de la demanda y el mercado potencial real de cada una de las rutas propuestas, considerando la propuesta de valor del servicio de pasajeros por ferrocarril en términos de frecuencias, tarifa y velocidad, que debe tener ventajas comparativas frente al autotransporte y la aviación, según las necesidades del mercado objetivo.

Diseño. De manera general, podría diseñarse la infraestructura para el servicio de pasajeros de tres maneras distintas: compartiendo la vía con el servicio de carga (como el tren de pasajeros en el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec), con vías independientes en el derecho vía concesionado (como el Tren Suburbano Buenavista-Cuautitlán) o con trazos independientes a las vías actuales (como, en parte del trazo, en el Tren Maya). El decreto no especifica qué modalidad se pretende aplicar, aunque se presupone que se orienta más al uso de las vías existentes. Probablemente el diseño de cada ruta requiera soluciones mixtas, como fue el caso del proyecto del Tren Expreso de Guanajuato, Celaya-León.

Vía. En México, la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF) ha establecido un marco normativo, la NOM-003-ARTF-2019, de cumplimiento obligatorio para los concesionarios y los asignatarios de las vías generales

de comunicación ferroviaria para la inspección y para los estándares de seguridad de las vías. Define seis clases de vía con tolerancias máximas en la geometría y en los componentes de la superestructura, en función de la velocidad. La calidad de las vías concesionadas ha mejorado considerablemente, con lo cual varios corredores de la red básica del ferrocarril cuentan con vías clase 4 para velocidades máximas de 95 km/h en trenes de carga y 125 km/h en trenes de pasajeros; clase 5 en el corredor Monterrey-Nuevo Laredo (125-145 km/h) y clase 6 en el Tren Maya (125-177 km/h). Hay otros corredores con vías clase 2 o 3. Debe revisarse en cada uno de los siete servicios de pasajeros propuestos la clase de la vía requerida para la velocidad objetivo y, en su caso, dimensionar los trabajos requeridos para el cambio de clase de vía.

Trazo. El diseño geométrico de vías férreas, en cuanto a pendiente, curvatura y sobreelevación, está en función de la velocidad de diseño. Los trenes de carga suelen ser más pesados y lentos que los de pasajeros. Esto genera una diferencia en el diseño de la sobreelevación de los trenes de carga y de pasajeros en las curvas, conocido como desbalance, que condiciona el mantenimiento del riel y, en casos extremos, la seguridad. Actualmente, la sobreelevación de las vías de los concesionarios obedece a las velocidades de los trenes de carga. Al introducir trenes de pasajeros, debe revisarse la sobreelevación; en algunos casos se requerirán rectificaciones de trazo para

suavizar curvas, como se hizo en el Tren Maya, lo cual conlleva un incremento de las inversiones y necesidades de liberar derecho de vía.

Tecnología. En caso de electrificar las vías, como lo ha sugerido el Presidente, la catenaria restringe la operación de trenes con doble estiba de contenedores y con plataformas automotrices, que tienen una altura de hasta 6.15 m, mientras que la altura típica de la catenaria, al hilo de contacto, es de entre 4.60 y 5.80 m. Deberán analizarse alternativas tecnológicas de tracción para no depender de la electrificación y mantener el gálibo para poder operar trenes con doble estiba o, en su caso, analizar diseños especiales de los equipos rodantes de pasajeros y de la catenaria.

Estaciones. El decreto establece que deberán considerarse preferentemente las estaciones que se encontraban en operación antes de 1995. Algunas de esas estaciones no entraron en la concesión y se han usado como museos o espacios culturales similares, como en Aguascalientes, San Luis Potosí y Nuevo Laredo. Otras han estado en desuso o se han destinado a otras funciones propias del ferrocarril. Particularmente Buenavista, en la Ciudad de México, se ha desarrollado para los servicios suburbanos a Cuautitlán, y ahora al AIFA, y parte de las instalaciones se han destinado a uso comercial. Por ello debe estudiarse cuidadosamente cuáles estaciones pueden usarse. Además, ha de



Figura 2. Ramales para desarrollar el servicio de pasajeros del Sistema Ferroviario Mexicano.

mantenerse como criterio básico para el diseño de los servicios de pasajeros el que las estaciones se ubiquen dentro de las zonas urbanas, a fin de que los tiempos y costos integrales de origen a destino de los pasajeros, incluyendo los traslados urbanos, sean competitivos con otros medios de transporte. El Tren Maya, por inconformidades sociales, tuvo que ubicar sus estaciones en ciudades tan importantes como Campeche y Mérida en las periferias.

Cruceros a nivel. Uno de los retos más importantes para la infraestructura son los cruceros a nivel. Existen cerca de 7,000 cruceros a nivel en el sistema ferroviario mexicano y este es uno de los grandes temas de inseguridad –que se intensificaría con el incremento de trenes y de velocidades que imponen los servicios de pasajeros–. Es altamente deseable construir pasos a desnivel y eliminar los cruceros a nivel, en la medida de lo posible y en función del diseño de velocidades y frecuencias.

Retos operativos

Capacidad de la línea. Cada línea tiene su propia configuración en cuanto a capacidad de línea, normalmente configurada para líneas con vía sencilla. Solo el tramo Buenavista-Querétaro cuenta con doble vía (que alguna vez fue electrificada) y se cuenta con pequeños tramos aislados de doble vía en la red. Ello obliga a contar con laderos de encuentro, que condicionan el número de trenes que pueden circular al día. La capacidad también depende de las industrias que se conectan a la vía, los cruceros a nivel, el trazo y el derecho de vía. A la vez, el incremento en el número de trenes de pasajeros presionará la capacidad actual. Todo ello debe analizarse para definir los proyectos de ampliación de la capacidad requeridos para mantener la fluidez de la operación conjunta de trenes de carga y de pasajeros. O, en su caso, definir tramos en los que conviene separar la infraestructura de carga de la de pasajeros, dentro o fuera del derecho de vía actual.

Prioridad en el despacho de trenes. Los trenes de pasajeros tienen prioridad sobre los de carga, lo que obliga a estos a entrar a los laderos y afectar sus tiempos de recorrido. Es de esperarse una afectación al servicio de carga si no se toman acciones para ampliar la capacidad.

Velocidad. La velocidad está condicionada por muchos de los factores ya mencionados (trazo, cruceros a nivel, capacidad, tecnología). Adicionalmente, debe definirse la solución tecnológica para la velocidad objetivo de cada corredor. En general, los servicios de pasajeros se clasifican en velocidades convencionales a las que pueden operar estos trenes en la mayoría de las líneas de la red básica: máxima (80 a 125 km/h), mediana velocidad (140 a 180 km/h), como es el caso del Tren Maya, y alta velocidad (200 a 320 km/h).

Convivencia urbano-ferroviaria. El servicio de pasajeros en las principales ciudades del país deberá considerar las peculiaridades de la movilidad local y de la infraestructura existente, para garantizar una

adecuada convivencia. Deben, además, atenderse las invasiones que pueden poner en riesgo la seguridad de la operación.

Retos financieros


Financiamiento. El decreto no establece criterios para cubrir las inversiones necesarias para el desarrollo de los servicios de pasajeros, salvo que solicita a los concesionarios presentar “propuestas viables de inversión”. Los altos costos de adecuación y ampliación de la infraestructura, los equipos, los sistemas ferroviarios y la eventual electrificación no pueden ser cubiertos por los concesionarios. Se requieren inversiones públicas o, en su caso, esquemas de participación público-privada, que deben diseñarse cuidadosamente.

Costos de operación. Es normal que los costos de operación de los servicios de pasajeros sean altos, porque requieren una infraestructura que garantice la seguridad de los pasajeros, muy distinta a la requerida para la carga, además de que existen costos de operación y mantenimiento del equipo, de las estaciones y de los sistemas que requiere el servicio de pasajeros.

Tarifas. Estas estarán en función de los costos de operación y de la política tarifaria que se determine con la SICT. Las tarifas suelen estar por debajo del costo real de operación, tanto para hacer competitivo el servicio de pasajeros como por razones de beneficio social. Ello implica que deberá considerarse el otorgamiento de subsidios, como es normal en la mayoría de los servicios de pasajeros en el mundo.

Conclusiones

Debe privilegiarse la planeación para el éxito del renacimiento del servicio de pasajeros. En ese sentido, es imprescindible realizar estudios, ruta por ruta, de su mercado potencial, tarifas, infraestructura y tecnología, y determinar la factibilidad y estrategia de cada ruta. Sin esos estudios, pueden tomarse decisiones equivocadas y costosas para el país. Dichos estudios, y los proyectos subsecuentes, requieren tiempo. Se reitera que presentar una propuesta de inversiones y tiempo de ejecución por parte de los concesionarios antes del 15 de enero de 2024 no garantiza contar con propuestas sostenibles que aseguren servicios de pasajeros eficientes y competitivos sin afectar el servicio de carga, el cual debe seguir contribuyendo al desarrollo económico, al T-MEC y al *nearshoring*; este servicio se verá beneficiado con soluciones de confinamiento de vía, saneamiento de invasiones al derecho de vía, mayor capacidad y mejor clase de vía, siempre y cuando se planee bien.

Como se expuso en el Congreso de Ingeniería Civil 2023, “hay que pensar lento para actuar rápido”, con la participación activa de gobierno, concesionarios y sociedad, y con el apoyo de la gerencia de proyectos durante todo el ciclo de vida del proyecto. Este decreto, bien instrumentado, es una gran oportunidad para el país 

Visión futura del agua potable en México

México tiene el grave problema de una creciente demanda de agua potable, aunada a una insuficiente disponibilidad de agua superficial y subterránea para satisfacer dichos requerimientos. En un futuro, la mayor parte de la nueva población estará en las grandes zonas metropolitanas, por lo que es indispensable estudiar el crecimiento anual de las demandas de agua potable entre 2024 y 2050 y para ello será necesario determinar el probable crecimiento anual y la distribución regional de los nuevos habitantes.

LUIS FRANCISCO
**ROBLEDO
CABELLO**
Vicepresidente
Técnico y de
Planeación. Colegio
de Ingenieros Civiles
de México, A. C.

La situación actual de los servicios de agua potable en los medios urbano y rural de México se sintetiza en las siguientes necesidades que es deseable atender entre los años 2024 y 2050 (CICM, 2022), necesidades que involucran a 60 millones de mexicanos:

- En las ciudades, 3.9 millones de habitantes carecen de redes de agua potable.
- En el medio rural, 6 millones de habitantes ubicados en pequeñas localidades también carecen de redes de agua potable, por lo que se ven obligados a acarrearla de sitios lejanos.
- Cerca de 40 millones de mexicanos en los medios urbano y rural reciben el servicio en forma intermitente (tandeos) y con baja presión para introducirlo a las viviendas, lo que indica una importante insuficiencia de fuentes de abastecimiento.
- En 2050 habrá en México aproximadamente 150 millones de habitantes, es decir 22 millones de nuevos habitantes, adicionales a los 128 millones actuales, el 80% de los cuales (17.6 millones) vivirán en las ciudades, y el 20% (4.4 millones) en localidades rurales. Dotar a esos 22 millones de mexicanos de servicio de agua potable será un reto técnico, social y económico muy importante, ya que se tendrán más de 800,000 nuevos habitantes cada año durante los siguientes 26 años.

Nuestro país tiene el grave problema de una creciente demanda de agua potable, aunada a una insuficiente disponibilidad de agua superficial y subterránea para satisfacer dichos requerimientos.

En un futuro, la mayor parte de la nueva población estará en las grandes zonas metropolitanas como las del Valle de México, Monterrey y Guadalajara, las cuales seguirán experimentando un gran crecimiento; otras ciudades como Tijuana, Hermosillo, Ciudad Juárez, Saltillo,

San Luis Potosí, Tampico-Altamira, León, Querétaro, Celaya, Toluca, Puebla, Mérida, Coatzacoalcos, Cancún y la Riviera Maya, entre muchas otras, también crecerán en forma acelerada; el menor crecimiento poblacional será en las localidades rurales, que casi siempre son las que reciben menor atención.

Muy pocas poblaciones se ubican en las planicies costeras y en el sureste del país, donde existe disponibilidad de agua. La población se sigue ubicando en el norte y en el altiplano, donde se da una intensa sobreexplotación de los acuíferos y nula disponibilidad de agua superficial. Por ejemplo, Querétaro presenta tasas de crecimiento de la población superiores al 4% anual; Pachuca, Saltillo y Monterrey, mayores al 2%. Esas tres ciudades están ubicadas en zonas con nula disponibilidad de aguas subterráneas y superficiales (Conapo, Inegi y Sedatu, 2023).

En el norte de los litorales mexicanos, como es el caso de la península de Baja California, Sonora y Tamaulipas, existen ciudades que no cuentan con fuentes de abastecimiento con aguas superficiales o subterráneas, por lo que podrían llegar a requerir la desalación de agua salobre o de mar, la cual tiene el inconveniente de que necesita altos niveles de inversión, operación y mantenimiento, además del impacto ambiental provocado por la disposición final de las salmueras.

Demanda de agua potable entre 2024 y 2050

Por lo anterior, es indispensable estudiar el crecimiento anual de las demandas de agua potable entre 2024 y 2050; para ello será necesario determinar el probable crecimiento anual y la distribución regional de los 22 millones de nuevos habitantes.

De conformidad con la normativa de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), se puede establecer una

dotación promedio para cada localidad. A partir de la población anual futura y con la dotación correspondiente para cada localidad, se puede calcular el gasto o el volumen promedio que requerirá cada población para cada uno de los años de ese periodo.

La Conagua define como dotación la cantidad de agua asignada a cada habitante en un día medio anual; la dotación se obtiene como la suma de los consumos de toda la población y las pérdidas físicas totales en el sistema en dicho día, dividida entre el número de habitantes; sus unidades están dadas en litros diarios por habitante (l/hab/día).

En la tabla 1 se presenta el consumo promedio recomendable en México en función del clima predominante. Para obtener la dotación, a dicho consumo se le debe aumentar la cantidad de agua correspondiente a las pérdidas físicas en las redes de distribución. Las pérdidas físicas se obtienen como la diferencia entre el volumen producido en las fuentes de abastecimiento y el volumen total entregado a nivel domiciliario.

Debido a que las pérdidas físicas varían entre las diversas ciudades del país, para obtener la dotación a los consumos señalados en la tabla anterior se les deberán sumar las pérdidas físicas correspondientes.

Sin embargo, en la mayoría de las ciudades del país no se mide el agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento y tampoco se miden en forma suficiente los consumos domiciliarios; lo que se hace es “estimar” las pérdidas físicas con una tendencia promedio del orden del 40%, no debidamente fundamentada. Con base en esta estimación y en los consumos de la tabla 1, se pueden obtener las dotaciones y los resultados se utilizarían en la determinación de las necesidades de la población futura, clasificando todas las regiones del país en subregiones correspondientes a cada uno de los cuatro tipos de clima.

Para satisfacer las necesidades nacionales de agua potable, a la de los futuros 22 millones de nuevos mexicanos se le deben sumar 3.9 millones que no tienen el servicio en el medio urbano y 6 millones en el medio rural, lo que conduce a casi 32 millones de habitantes por servir en los siguientes 27 años, a los cuales se les pueden asignar dotaciones según su ubicación climatológica y determinar en esa forma el volumen demandado.

Adicionalmente, debe considerarse el abastecimiento insuficiente a 40 millones de mexicanos, debido a la falta de capacidad de las fuentes de abastecimiento.

El volumen aproximado de agua de nuevas fuentes para atender la insuficiencia se puede estimar de la siguiente manera:

- a. Estudiar la distribución de esos 40 millones de habitantes en las diversas regiones climatológicas en las que se puede dividir el país, con base en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH) del Inegi; una vez determinado el número de habitantes en cada región, establecer el volumen demandado multiplicando el número de habitantes

Tabla 1. Promedio del consumo de agua potable por clima predominante en México

Clima	Consumo (l/hab/día)			Promedio por clima
	Bajo	Medio	Alto	
Cálido húmedo	198	206	243	201
Cálido subhúmedo	175	203	217	191
Seco/muy seco	184	191	202	190
Templado/frío	140	142	145	142

Fuente: Conagua.

- por la dotación que normativamente tiene establecida la Conagua en función del clima de cada región.
- b. Determinar los volúmenes de agua realmente proporcionados a cada localidad dentro de cada región mediante el sistema de tandeos, a partir de la información disponible en los organismos operadores de los sistemas.
- c. La diferencia entre los volúmenes demandados (inciso a) y los volúmenes proporcionados (inciso b), es un indicador de la magnitud de la insuficiencia de agua en cada región.

Responsables del servicio de agua potable

El artículo 115, inciso III, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que “los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: a) agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales [...]”.

El artículo 4, párrafo sexto, establece: “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible”.

De acuerdo con estos principios, la responsabilidad primaria de la prestación de los servicios de agua potable es de los municipios. Sin embargo, el derecho humano, aunque no está establecido en lo que se refiere a la cantidad de agua a entregar a los usuarios, obliga al Estado a definir las bases, apoyos y modalidades y la participación de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como de la ciudadanía, por lo que existe un cierto nivel de corresponsabilidad entre los tres niveles de gobierno y los ciudadanos.

Planeación de los servicios de agua potable

El propósito de un sistema de planeación en materia de agua potable es asegurar que los mexicanos tengan acceso a ella en la cantidad necesaria y con un servicio de calidad (continuidad, presión y calidad para beber).

Una vez determinada la magnitud de las demandas futuras de agua potable tanto en el medio urbano como en el rural, los procesos de planeación de la infraestructura recomiendan establecer objetivos a alcanzar en el corto, mediano y largo plazos.

► Por las importantes inversiones que se requerirían, sería indispensable adoptar políticas de incremento gradual y anual de los pagos por el servicio, hasta alcanzar la autosuficiencia financiera en un plazo, por ejemplo, de 15 años. Las estrategias para desarrollar esas políticas podrían consistir en hacer partícipe a la ciudadanía de la situación financiera del presente dándole a conocer los costos reales y alcanzar la aceptación social de la evolución gradual tarifaria, cubriendo la inflación anual más un porcentaje de recuperación hasta eliminar el rezago histórico acumulado.

De acuerdo con los criterios establecidos en el apartado anterior, y con base en el crecimiento poblacional anual previsto para el año 2050, se puede calcular el número de tomas domiciliarias que se requerirán anualmente para proporcionar el servicio a los nuevos habitantes y a los que actualmente carecen de él. De igual forma, y de acuerdo con el número de habitantes por toma que tienen servicio insuficiente, se puede determinar el número de tomas que sería necesario atender, y establecer un programa para su atención anual. Se podrían formular como ejemplo los siguientes objetivos para el año 2050:

- Que al menos el 98% de la población urbana cuente con toma domiciliaria.
- Que la totalidad de ese 98% reciba el agua con servicio continuo y con una presión de al menos 1 kg/cm².
- Que el agua cumpla con la norma de calidad del agua potable.
- Que entre 2024 y 2050 se preste el servicio con un crecimiento lineal a los habitantes, a partir de la situación actual, hasta alcanzar los porcentajes objetivo.

Por las importantes inversiones que se requerirían, sería indispensable adoptar políticas de incremento gradual y anual de los pagos por el servicio, hasta alcanzar la autosuficiencia financiera en un plazo, por ejemplo, de 15 años.

Las estrategias para desarrollar esas políticas podrían consistir en hacer partícipe a la ciudadanía de la situación financiera del presente dándole a conocer los costos reales y alcanzar la aceptación social de la evolución gradual tarifaria, cubriendo la inflación anual más un porcentaje de recuperación hasta eliminar el rezago histórico acumulado.

Disponibilidad de agua

A partir de la determinación de las necesidades futuras de agua potable, es indispensable establecer la disponibilidad regional de agua superficial y subterránea para un futuro de largo plazo, con objeto de definir si es factible atender dichas demandas con fuentes de abastecimiento sustentables o si es necesario adoptar

otras medidas, por ejemplo, el cambio de usos del agua dándole prioridad al agua para consumo humano.

Muy pocas ciudades del país han desarrollado planes en materia de agua potable a corto, mediano y largo plazo, por lo que no existe en México un sistema que permita integrar todos esos planes que son responsabilidad primaria de los municipios.

Para contar con un sistema de planeación orientado a una gestión eficiente del agua, es indispensable contar con información suficiente y confiable de la disponibilidad actual y futura en sus dos formas fundamentales: a) la disponibilidad de aguas superficiales y b) la disponibilidad de aguas subterráneas.

Es indispensable el conocimiento de la disponibilidad, actual y futura, para cada región del país y para todos los usos, para llevar a cabo una planeación del agua en México. En caso contrario se incrementarían las posibilidades de escasez del recurso y de conflictos sociales entre los distintos usos.

Es necesario destinar recursos presupuestales, humanos y tecnológicos para hacer una cuantificación para todos los usos y regiones, considerando las variaciones periódicas (abundancia, inundaciones y sequías) derivadas de fenómenos hidrometeorológicos extremos. La información del cambio climático permite asegurar que nuestro país sufrirá en el futuro sequías extremas y grandes inundaciones.

Es necesario y urgente fortalecer institucionalmente la gestión del agua creando una Secretaría del Agua con una orientación predominantemente técnica, sin descuidar los aspectos administrativos y jurídicos relacionados con dicha gestión.

Balances hídricos actuales y futuros

A partir de la cuantificación de la disponibilidad y de la demanda actual para todos los usos y para todas las regiones del país de aguas superficiales y subterráneas, se debe elaborar un balance hídrico de la situación actual para cada una de las regiones, con el fin de plantear diversos escenarios de disponibilidad y de demandas futuras, lo cual permitiría llevar a cabo, con el debido fundamento técnico, la gestión actual y futura de las aguas nacionales para todos los usos y todas las regiones.

La cuantificación de la disponibilidad debe considerar diversos escenarios de carácter climatológico para cada una de las regiones del país, en función de las perspectivas del cambio climático. La disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas obedece al comportamiento del ciclo hidrológico, es decir que la disponibilidad no es estática, sino que cambia en función de esas variables. Las variaciones climatológicas pueden llegar a ser muy importantes entre periodos de sequía y de lluvia.

Será necesario analizar escenarios diversos para cada región, con el fin de contar con información que permita gestionar el agua tanto desde el punto de vista técnico en función de su disponibilidad, como desde el punto de vista administrativo y jurídico.

AMPLIA EXPERIENCIA Y LIDERAZGO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FÉRREAS



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



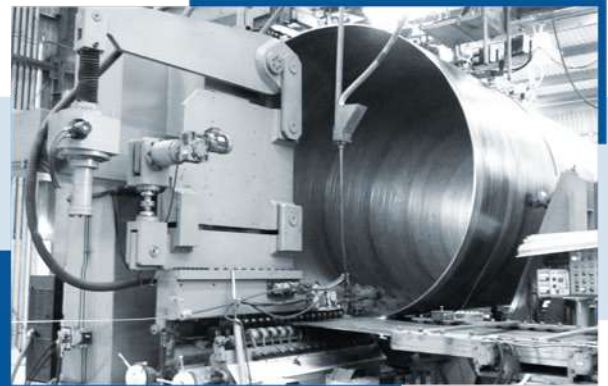
INFRAESTRUCTURA DE PRIMER MUNDO PARA LA ATENCIÓN DE PROYECTOS VIALES



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

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

Variaciones en la disponibilidad

Por otra parte, la disponibilidad no solo depende de las condiciones climatológicas, sino del ser humano. En un río sin presas de almacenamiento será variable en función del estiaje y de la temporada de lluvias, debido a que el agua fluye libremente hacia el mar, por lo cual se pierde una parte importante de su volumen para satisfacer las demandas. Si se construyen presas de almacenamiento, el agua es retenida y se incrementa la disponibilidad para cubrir las demandas.

La disponibilidad de las aguas subterráneas también puede variar en función de sequías, de lluvias y de la creciente sobreexplotación a la que están sujetos la mayor parte de nuestros acuíferos, en muchos de los cuales la disponibilidad ha variado hasta convertirse no solo en nula sino en negativa.

El gobierno federal y los gobiernos de los estados pueden apoyar a los municipios en función de la capacidad económica de estos para cubrir los costos de inversión en agua potable con base en estudios de la capacidad de pago de la población y de sus características sociales. Actualmente no se conoce la magnitud del problema de abastecimiento de agua potable en escala nacional, y lo que no se conoce es difícil atenderlo.

El agua para la agricultura

La disponibilidad y la gestión del agua para la producción agrícola es un asunto de vital importancia para la seguridad nacional.

Históricamente, el gobierno federal, reconociendo la importancia que tiene para la seguridad nacional el contar con una producción suficiente de alimentos básicos para cubrir las necesidades de la población y para no depender de las importaciones de otros países, construyó numerosas presas de almacenamiento y pozos profundos destinados a la irrigación para la producción agrícola. Muchas de esas presas tienen propósitos y beneficios múltiples adicionales, como el control de avenidas y la generación hidroeléctrica.

Con la construcción de presas se incrementó la disponibilidad de agua para el uso agrícola y durante

► Es necesario destinar recursos presupuestales, humanos y tecnológicos para hacer una cuantificación para todos los usos y regiones, considerando las variaciones periódicas (abundancia, inundaciones y sequías) derivadas de fenómenos hidrometeorológicos extremos. La información del cambio climático permite asegurar que nuestro país sufrirá en el futuro sequías extremas y grandes inundaciones. Es urgente fortalecer institucionalmente la gestión del agua creando una Secretaría del Agua con una orientación predominantemente técnica, sin descuidar los aspectos administrativos y jurídicos relacionados con dicha gestión.

muchos años se logró la autosuficiencia alimentaria, lo que propició la exportación de productos agrícolas con impactos favorables en la balanza comercial nacional.

Eficiencias físicas del agua en la agricultura

En las obras de irrigación, al igual que en las del agua potable, México se enfrenta a un problema de bajas eficiencias físicas y de dificultades para alcanzar la autosuficiencia financiera.

Las pérdidas físicas se deben a que muchos de los canales no fueron revestidos cuando se construyeron las obras de infraestructura. Los altos consumos en escala parcelaria se deben a que el riego es por anegamiento y a que no se entrega el agua medida.


Para incrementar la disponibilidad de agua potable es urgente que se destinen importantes recursos económicos del gobierno federal y de los usuarios de las zonas de riego, para reducir las pérdidas físicas en los canales y aplicar en las parcelas el riego por aspersión o por goteo, con la recomendación de desarrollar de inmediato un programa acelerado de atención para evitar conflictos entre los diversos usuarios del agua.

Conclusiones

Es conveniente tener presente que todos los usos del agua son importantes para el desarrollo sustentable de nuestro país, pero que el agua para consumo humano tiene prioridad sobre cualquier otro uso.


Los objetivos para todos y cada uno de los usos del agua deben formar parte de un nuevo sistema de planeación hídrica con visión de largo plazo.

Los programas derivados del Plan Nacional Hídrico – particularmente el del agua potable – no son la excepción; no deberán ser estáticos, porque dependerán de los diferentes escenarios futuros que se establezcan, los cuales por su propia naturaleza deberán analizarse y ajustarse periódicamente en función de las tendencias observadas en la disponibilidad y en las demandas de agua para todos los usos y para cada una de las regiones.

Los escenarios serán forzosamente dinámicos en función de las variaciones naturales o inducidas de la disponibilidad, mediante obras de infraestructura para modificarla, así como de las variaciones de la demanda, que dependerán de la evolución económica y social de México y de las eficiencias físicas en cada región del país, cuya responsabilidad recaerá en las organizaciones encargadas de la prestación de los servicios en usos para el consumo humano y el riego 

Referencias

- Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C., CICM (2022). Una contribución a la seguridad hídrica en México. Comité del Agua.
- Consejo Nacional de Población, Conapo, Instituto Nacional de Estadística, Geografía, Inegi, y Secretaría de Desarrollo Urbano, Agrario y Territorial, Sedatu (2023). Delimitación de las zonas metropolitanas y conurbadas de México.

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a 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

Estructuras de mampostería

Del laboratorio a la normativa

El diseño estructural de una edificación es un proceso muy complejo que incorpora el conocimiento de la resistencia de los materiales y, más allá de los propios materiales, el desempeño de los sistemas estructurales ante acciones muy diversas –de particular interés en nuestro país, la acción de los sismos–. El diseño debe garantizar que la estructura tenga un nivel de seguridad preestablecido y procurar que su realización de la estructura sea eficiente desde el punto de vista económico.

JUAN JOSÉ PÉREZ GAVILÁN E. Investigador del II UNAM. Coordinador del Subcomité Revisor de las Normas Técnicas de Mampostería de la CDMX, de las revisiones de 2017 y 2023.

Las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras del Reglamento para las Construcciones del DF (Ciudad de México), publicadas por el Instituto para la Seguridad de las Construcciones del Gobierno de la Ciudad de México, establecen los requisitos mínimos que una estructura debe cumplir para que esta alcance el nivel de desempeño que el propio reglamento establece.

Estas normas han sido elaboradas por expertos, académicos, diseñadores, constructores y fabricantes de los materiales, que revisan e incorporan el conocimiento generado por la industria y la academia, publicado normalmente en la bibliografía científica, pero también el conocimiento obtenido de la experiencia de la práctica profesional de diseñadores y constructores. Este conocimiento incluye procedimientos de análisis y diseño, requisitos para determinar la calidad de los materiales y procedimientos de tipo constructivo, especificaciones que se articulan mediante conceptos generales de diseño como el de los estados límite, el nivel de desempeño o el del diseño por capacidad o diseño por desplazamientos, todos ellos basados en un marco teórico de tipo probabilista.

La Norma para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería es un caso especial, ya que gran parte del conocimiento vertido en ella ha sido generada por investigadores nacionales, resultado de una larga trayectoria de investigación de más de 60 años. En el caso de la Norma de Mampostería, existe información de primera mano de cómo la investigación, y en particular el trabajo experimental, ha dado forma a buena parte de las especificaciones contenidas en ella. En lo que sigue se darán algunos ejemplos. Se puede consultar una revisión en Pérez Gavilán *et al.* (2023).

Caracterización de las propiedades mecánicas

En un estudio de gran alcance, Meli y Hernández (1971) estudiaron las propiedades de las piezas fabricadas en el Distrito Federal, ahora Ciudad de México. Se hicieron cientos de ensayos de piezas y pilas con distintos tipos de mortero, y se obtuvo la resistencia a compresión de las piezas y de la mampostería. Para la mampostería se obtuvo además el módulo de elasticidad. La resistencia de la mampostería, en función del tipo de pieza y tipo de mortero, fue un resultado que aún se conserva en nuestra norma. Las correlaciones entre el módulo de elasticidad y la resistencia a compresión de la mampostería es otro resultado que ha persistido en el código y que ha permitido hacer análisis estructural con información confiable durante años (figura 1).

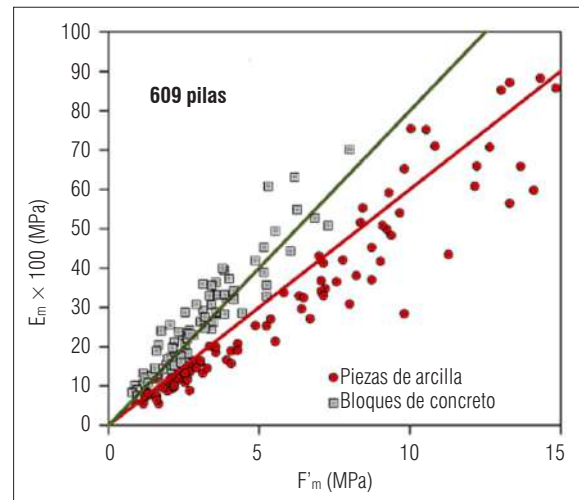


Figura 1. Módulo de elasticidad de la mampostería.

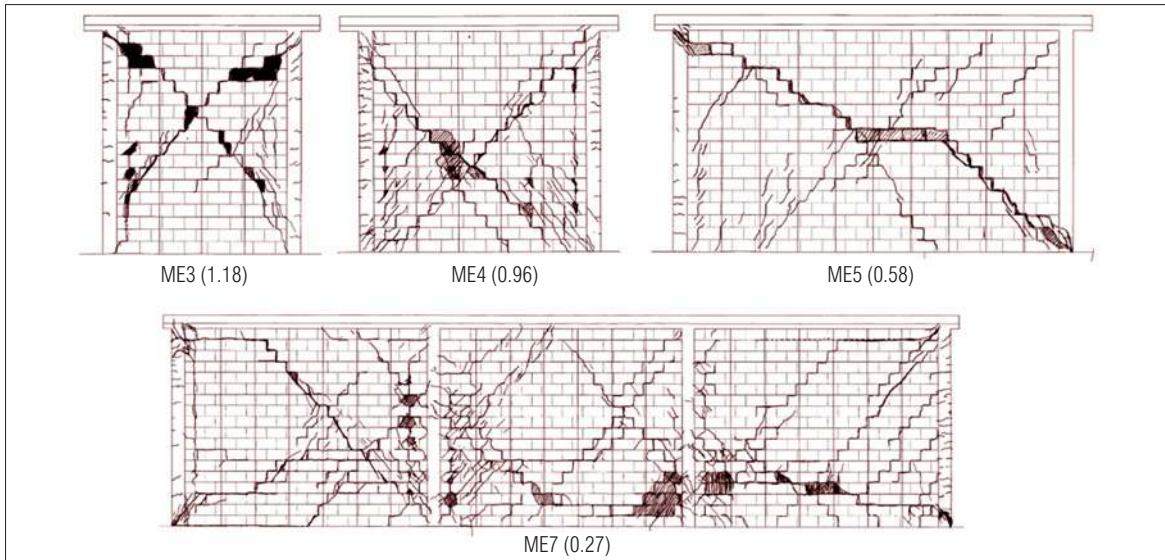


Figura 2. Ensayes de muros con distintas relaciones de aspecto. Adaptada de Pérez Gavilán et al., 2015.

La resistencia a compresión diagonal

En muros ensayados con carga lateral en el plano (Meli *et al.*, 1968, entre otros), se observó que el agrietamiento inicial era inclinado, con la misma orientación que la diagonal de los muros. Este agrietamiento se interpretó utilizando una concepción mecánica elástica, como resultado de un estado de esfuerzos en el muro en el que se tendría compresión a lo largo de la diagonal y tensión en el sentido transversal a dicha dirección. A ese agrietamiento se le denominó posteriormente *agrietamiento por tensión diagonal*. Para caracterizar esta resistencia de la mampostería a tensión se utilizó inicialmente, como en el caso del estudio mencionado, la raíz cuadrada de la resistencia a compresión de la mampostería, $\sqrt{f'_m}$, en congruencia con lo que se utiliza para determinar la resistencia a corte de elementos de concreto. Posteriormente, Johnson y Thompson (1967) ensayaron probetas de mampostería labradas en forma circular aplicando una carga concentrada en el sentido diametral a un cierto ángulo, típicamente 45° , con respecto a la orientación de las juntas. La orientación de la carga respecto a las juntas está relacionada con la orientación del campo de compresión, referido anteriormente. El ensayo estaba inspirado en la prueba brasileña para obtener la resistencia a tensión en cilindros de concreto cargados en el sentido diametral.

El ensayo descrito por Johnson y Thompson, sin embargo, era muy complicado de realizar, empezando por el labrado de los especímenes. Meli y Reyes (1971) diseñaron un ensayo similar utilizando muretes rectangulares en vez de discos, que son mucho más sencillos de manejar. Posteriormente, dicho ensayo se estandarizó para muretes cuadrados aplicando la carga a lo largo de una de las diagonales, y se dio lugar al ensayo que hoy conocemos como de compresión diagonal.

En un reporte de Meli (1975), en el que se resumen los hallazgos de casi una década, aparece ya la ecuación

de resistencia a corte que estuvo vigente hasta la revisión de la norma de 2004 y que se sigue manteniendo igual para muros con relación de aspecto, H/L , igual o menor que la unidad, tanto en la norma vigente como en la nueva versión que será publicada en este año 2023:

$$V_{mR} = F_R (0.5 v'_m A_T + 0.3P) \quad (1)$$

donde v'_m es la resistencia a compresión diagonal y P es la carga axial sobre el muro. Los coeficientes 0.5 y 0.3 se obtuvieron para poder predecir apropiadamente los resultados experimentales disponibles hasta ese momento. Nuevos ensayos realizados en años subsecuentes (Alcocer, 1997; Cruz *et al.*, 2019, y Rubio, 2018) mostraron una y otra vez la validez de la ecuación para muros cuadrados y confinados por castillos y dalas. La expresión, sin embargo, sobreestima la resistencia de muros con refuerzo interior, aunque no se ha tomado la decisión de utilizar distintos coeficientes para ese caso.

La carga axial en el muro contribuye en forma importante a la resistencia a corte. Esto fue observado en experimentos en los que se variaba la carga axial sobre los muros, un efecto que era esperado haciendo un análisis elástico, ya que tiene el efecto de reducir la tensión transversal a la diagonal.

Efecto de la relación de aspecto

Como ya se mencionó, la ecuación 1 funciona bien para muros cuadrados. Esto se debe a que la mayoría de los ensayos realizados hasta 2004 fueron ensayos de muros con relación de aspecto igual a la unidad, por lo que el ajuste de los coeficientes es apropiado para ese caso. En códigos de otros países, ya consideraban que la resistencia a corte debía depender de la relación de aspecto de los muros. El efecto de esta variable fue investigado experimentalmente para muros confinados variando su

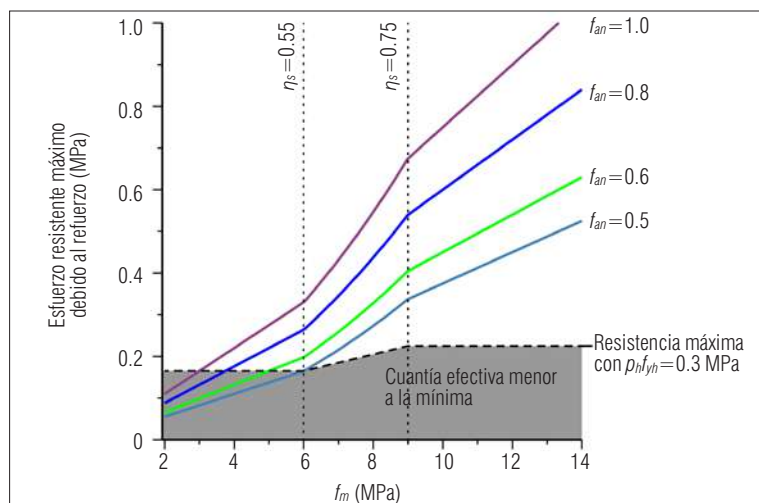


Figura 3. Contribución del refuerzo horizontal a la resistencia.

longitud y conservando la altura de siete especímenes dando relaciones de aspecto H/L desde 2.13 hasta 0.27 (figura 2). La resistencia a corte obtenida en el ensaye se comparó con la predicción hecha con la ecuación 1 y se observó, en forma consistente, que la resistencia era mayor a la predicha por la fórmula y que la diferencia crecía a medida que la longitud los muros crecía. Para tomar en cuenta dicho efecto, se afectó a la ecuación por un factor $f(H/L)$. La propuesta fue acogida por la norma en 2017.

Contribución del refuerzo horizontal a la resistencia

Desde el decenio de 1970 se había considerado la inclusión de refuerzo horizontal en los muros. Fue necesario que los fabricantes de acero de refuerzo produjeran varillas (alambres) de diámetros pequeños y alta resistencia para poder incluir dicho refuerzo en las juntas de la mampostería.

Los resultados de ensayos de muros con refuerzo horizontal sometidos a carga lateral mostraron una capacidad de deformación lateral significativamente mayor a la observada en muros sin refuerzo. Sin embargo, la contribución a la resistencia lateral era solo marginal y no se obtuvo alguna expresión algebraica para determinar dicha contribución; solo se prescribió un cierto incremento en la resistencia que alcanzaba el 25% de la resistencia sin refuerzo. Es necesario mencionar que la mampostería que se utilizó en aquellos ensayos era mayormente de baja resistencia a compresión, lo que, como veremos, justifica esa observación.

Más tarde se realizaron nuevos ensayos en el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (Aguilar y Alcocer, 2001), que incluyeron la medición de la deformación en el acero de refuerzo horizontal. Dicha medición permitió, con la curva esfuerzo-deformación del acero de refuerzo y un análisis no lineal, determinar la fuerza que desarrollaban los alambres. Fue entonces posible establecer con una expresión cuál era la contribución del refuerzo a la resistencia a corte.

$$V_{sR} = \eta \rho_h f_{yh} A_T$$

$$\eta = \begin{cases} 0.2 \rho_h f_{yh} > 9 \\ 0.6 \rho_h f_{yh} \leq 6 \end{cases}$$

donde se interpola para casos intermedios, y

$$\rho_h = A_s / (s \times t) \quad (2)$$

donde η era un factor de eficiencia que dependía de la "cuantía resistente" del refuerzo que es el producto de la cuantía de refuerzo ρ_h por el esfuerzo especificado de fluencia de dicho acero: $\rho_h f_{yh}$ (kg/cm^2), resultando menos eficiente a medida que se agregaba más refuerzo.

Las expresiones anteriores sobreestimaban la contribución del refuerzo horizontal a la resistencia de los muros de mampostería con baja resistencia a compresión y la subestimaban en el caso opuesto. La explicación de dichas inconsistencias se dio con los resultados de dos nuevas campañas experimentales de muros con carga lateral cíclica, en ambos casos variando solo la cantidad del refuerzo en los muros y midiendo las deformaciones en un número elevado de puntos en el refuerzo horizontal. En la primera campaña se utilizaron piezas multiperforadas de concreto (Cruz *et al.*, 2019) y en la segunda piezas extruidas de arcilla (Rubio 2018).

Se observó que, al incrementar la cantidad de refuerzo horizontal, aumentaba la resistencia lateral en forma lineal hasta llegar a una cierta cuantía resistente ($\rho_h f_{yh})_c$ a partir de la cual la resistencia ya no aumentaba. Se relacionó dicha cuantía resistente límite con la resistencia a compresión de la mampostería, f'_m , y la fracción de área neta de las piezas, f_{an} :

$$(\rho_h f_{yh})_c = \lambda f'_m f_{an} \quad (3)$$

donde λ es un coeficiente que fue obtenido experimentalmente. Usando este límite en la ecuación 2 y sustituyendo la eficiencia η por una nueva η_s , que depende de la resistencia a compresión de la mampostería, se modificó la estimación de la resistencia debida al refuerzo. La implicación de este límite es sustantiva, porque la contribución máxima del refuerzo a la resistencia a corte depende ahora de la calidad de la mampostería: si la resistencia a compresión es muy baja, la contribución a la resistencia también es reducida, y viceversa. Asimismo, la fracción de área neta de las piezas impacta en la contribución máxima del refuerzo a la resistencia a corte (figura 3).

Muros sobre vigas

De este problema ya se dieron detalles en la edición 595 de *IC*. Se trata de un problema que no puede estudiarse con modelos de tipo elástico lineal. Sin embargo, para hacer un análisis no lineal, se requieren propiedades mecánicas como la energía de fractura y la dilatancia, que no son propiedades que se obtengan de ensayos ordinarios de pilas y muretes. Adicionalmente, es necesario tener información de casos conocidos para



De formas

a plataformas.



Todo lo recubre y protege Comex Profesional.
Cuéntanos tu proyecto y hagamos equipo.



Comex
Profesional

poder verificar los modelos numéricos. Fue necesaria una extensa campaña experimental para recabar dicha información. Se obtuvieron las propiedades mecánicas necesarias de los materiales y se hicieron ensayos de muros sobre vigas de concreto solo con el fin de tener la información para calibrar el modelo numérico (Lizárraga, 2017). El modelo analítico verificado se utilizó para hacer un estudio paramétrico usando como variables la posición del muro en la viga, la rigidez relativa del muro y la viga y el esfuerzo normal en él; se obtuvo el factor de concentración de esfuerzos normales en el muro, esto es, el cociente del esfuerzo en el extremo del muro y el esfuerzo normal promedio.

Finalmente, se produjo una especificación que permite revisar el peralte de las vigas de soporte, para garantizar que el esfuerzo en los extremos del muro no excede el esfuerzo normal resistente al aplastamiento de la mampostería y que la flecha al centro del claro de la viga no excede el valor prescrito por la norma, una investigación que tomó siete años de trabajo. Esta especificación se incluyó en la Norma de Mampostería de 2017.

Muros con malla de acero

El uso de mallas de acero de refuerzo se utilizó en principio como una solución de rehabilitación, y posteriormente como una opción, poco utilizada en la práctica, de refuerzo en estructuras nuevas o existentes. Con base en los conocimientos que se tenían respecto al uso de refuerzo en estructuras de concreto, se diseñaron los procedimientos para colocar y anclar la malla de refuerzo en muros de mampostería. Dicho esquema de refuerzo se ensayó en el laboratorio para rehabilitar muros previamente dañados por cargas laterales y se verificó su eficacia (Pineda




Figura 4. Muro rehabilitado con malla (Flores *et al.* 2004).

y Alcocer, 2004; Flores *et al.*, 2004) (figura 4). Con base en esos estudios se generó la especificación de muros con mallas que se tiene en la actualidad en el Código de Mampostería.


Ductilidad y distorsiones admisibles

En la norma de 2017 se actualizaron los valores de las distorsiones admisibles de las estructuras de mampostería, los cuales se incrementaron sustancialmente. Para estudiar el problema, se definió que la distorsión admisible de un muro sería la correspondiente a su resistencia máxima, y se adoptó una definición de modelo elastoplástico equivalente para poder definir la ductilidad. Con estas definiciones se reanalizaron los resultados experimentales de ensayos desde la década de 1990 hasta 2016 (Pérez Gavilán, 2019). En cada caso se registraron las distorsiones a la resistencia máxima y se calculó la ductilidad de cada muro. Las distorsiones así obtenidas se amplificaron con base en la evidencia producida por un estudio en la mesa vibradora del Instituto de Ingeniería de la UNAM en el que se había ensayado un edificio de tres niveles escala 1:2 (Alcocer *et al.*, 2004). Dicho estudio mostró que los desplazamientos observados en la mesa vibradora eran mucho mayores a los observados en pruebas pseudoestáticas, por más de dos veces. Estratificando los resultados por tipo de pieza maciza o hueca y si se tenía refuerzo horizontal o no, se llegó a la Tabla de Distorsiones Admisibles de la Norma Técnica Complementaria para Diseño por Sismo que está hoy vigente. Ciertamente, era poca la evidencia experimental, y por esa razón se realizaron posteriormente nuevos ensayos de dos estructuras de tres niveles en la mesa vibradora (Flores *et al.*, 2017; Pérez Gavilán y Flores, 2020), escala 1:2 con y sin refuerzo horizontal, y una de cinco niveles escala 1:2.4 (Casas, 2019). Los resultados hasta el momento no dieron lugar a cambios en la tabla propuesta en 2017.

Conclusiones

Los estudios experimentales se utilizan cotidianamente para entender el comportamiento de las estructuras, y en especial de las estructuras de mampostería, debido a la complejidad del comportamiento de este material ante acciones de tipo sísmico. Salvo algunas excepciones, los resultados experimentales se complementan con modelos analíticos para generar un marco teórico más robusto que pueda explicar el comportamiento de una estructura para valores de los parámetros no incluidos en los ensayos. El extenso trabajo experimental de estructuras de mampostería realizado en México ha dado lugar a especificaciones de análisis y diseño que se han incluido en el Código de Construcción de la Ciudad de México. Esta norma ha sido reconocida a nivel internacional 

Si desea obtener las referencias citadas en este artículo, solicítelas a helios@heliosmx.org

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

Redefiniendo

EFICIENCIA

ahorra tiempo y reduce errores

Con procesador Intel para mejorar la **productividad y rendimiento.**

Harmony P6

Los dispositivos Harmony P6 están diseñados para una conectividad avanzada, lo que permite la integración con otros sistemas y la comunicación en red.



Life Is On

Schneider
Electric

La NTC-Si para la Ciudad

La edición 2023 de la Norma Técnica Complementaria para el Diseño por Sismo ha sido elaborada con el fin de reducir las consecuencias de los sismos, al tiempo de conservar su compromiso con la seguridad estructural. Aunque en la mayoría de los casos el procedimiento de diseño es similar al de versiones anteriores de esta norma, la edición 2023 aporta criterios más claros en cuanto a su aplicación. Además, se han introducido nuevas alternativas estructurales para resolver proyectos innovadores, especiales, altos, complejos, esenciales, etc. Con tal fin, se han introducido requerimientos técnicos más flexibles para caracterizar al sistema estructural y buscar el desempeño requerido.

AMADOR
TERÁN GILMORE
Ingeniero civil
con maestría y
doctorado en
Ingeniería. Profesor
investigador en
la Universidad
Autónoma
Metropolitana.
Asesor estructural
en proyectos de
rehabilitación
sísmica, el uso
de sistemas de
control y el diseño y
revisión del proyecto
estructural de
edificios de gran
altura.

Entre finales del siglo XIX y principios del XX empezó a usarse de manera generalizada una nueva generación de sistemas estructurales en países industrializados con baja sismicidad. La mayor aportación de los sistemas estructurados con base en marcos fue la apertura de grandes claros y espacios internos y la liberación de los pesados muros de mampostería en las fachadas de los edificios. Debido a las posibilidades estéticas y funcionales que ofrecían, estos sistemas empezaron a migrar a países y zonas de mediana y alta sismicidad, como los del Oriente lejano y próximo, el sur de Europa, América Latina y la costa oeste de Estados Unidos.

En ese proceso, se observó durante la primera mitad del siglo XX una cantidad importante de colapsos durante sismos intensos. Aunque la comunidad de ingeniería estructural tardó varias décadas en encontrar una solución satisfactoria a esta situación, a la larga entendió la necesidad de atender, en lo fundamental, la componente horizontal del sismo. En esta circunstancia, se encontró que la mejor opción para promover la supervivencia de los sistemas estructurales sismorresistentes era aportarles estabilidad global, entendida esta como la aptitud para mantener su capacidad resistente lateral ante grandes deformaciones laterales (figura 1). Para cuantificarla, se introdujo el concepto de ductilidad y se desarrollaron estrategias, como el uso de un detallado refinado y el enfoque de diseño basado en capacidad.

Aunque hoy en día la ductilidad y la estabilidad global son conceptos fundamentales para la supervivencia de los sistemas estructurales en zonas de alta sismicidad, se empieza a tener claridad en cuanto a las consecuencias de permitir a las estructuras desarrollar su capacidad dúctil durante los sismos intensos. En particular, esto da

lugar a daños de todo tipo que resultan en consecuencias inaceptables en términos monetarios, sociales, humanos y ambientales. En respuesta a esto, a partir de las últimas dos décadas del siglo XX se propuso ajustar el enfoque con el fin de complementar la estabilidad global con control de la deformación lateral del sistema estructural (figura 1). Esto ha dado lugar al uso de sistemas estructurales que exhiben una capacidad cada vez mayor de controlar su respuesta lateral.

Norma Técnica Complementaria para el Diseño por Sismo

Las normas mexicanas de diseño por sismo han crecido en refinamiento y complejidad. Su evolución fue congruente con la de otras normas internacionales durante el siglo XX. Sin embargo, a principios del siglo XXI la NTC-Sismo exhibía un desfase importante con respecto a las investigaciones de punta y la práctica en el ámbito del diseño sísmico. Aunque la NTC-Sismo actualizó varias veces su formato a partir de 1985, conservó el de diseño basado en fuerzas y ductilidad. No fue hasta 2017 que se dio la posibilidad de usar dispositivos de control y se requirió del análisis no lineal para edificios de gran altura. Debido al rápido crecimiento de las capacidades técnicas de la ingeniería estructural mexicana, hoy en día se invierten esfuerzos en empatar el alcance de la NTC-Sismo con las posibilidades que se tienen en el ámbito del diseño sismorresistente en escalas nacional e internacional. Como consecuencia, en su edición 2023 la norma ofrece un formato más transparente y flexible que permite conectar mejor las decisiones de diseño con el desempeño esperado del sistema estructural, y es más enfática en cuanto a la necesidad de controlar la

Sismo 2023 Ciudad de México

deformación lateral de ciertos sistemas estructurales y de demostrar explícitamente que los sistemas estructurales innovadores, especiales, altos, complejos y excesivamente irregulares exhiben una estabilidad global adecuada y son capaces de tener el desempeño requerido.

La NTC-Sismo 2023 conserva el formato tradicional basado en fuerzas, que en lo fundamental implica, primero, el uso de un espectro correspondiente a sismos de alta intensidad, reducido por ductilidad y sobrerresistencia, para estimar fuerzas internas en los elementos estructurales y distorsiones de entrepiso con fines de diseño y revisión del sistema estructural; segundo, contempla la revisión de distorsiones para sismos de baja intensidad con fines de control del daño no estructural. Sin embargo, a diferencia de ediciones anteriores, la de 2023 incluye la matriz de objetivos de diseño presentada en la tabla 1. En particular –y en congruencia con ediciones anteriores–, para edificaciones con estructuraciones convencionales que pertenezcan al grupo B se deben satisfacer los niveles de desempeño de “limitación de daño no estructural” y “seguridad de vida”, respectivamente, para las intensidades sísmicas “frecuente” y “base de diseño”. Como una opción enfocada en atender las necesidades de algunos clientes y desarrolladores, la NTC-Sismo 2023 brinda la opción de revisar que el sistema estructural satisfaga el nivel de desempeño de “prevención de colapso” para la intensidad sísmica infrecuente. En cuanto al diseño de edificaciones con estructuraciones convencionales que pertenezcan al grupo A, se usa un enfoque de diseño más estricto que el contemplado en versiones anteriores, lo que implica la satisfacción de los niveles de desempeño de “ocupación inmediata” y “seguridad de vida”, respectivamente, para las intensidades sísmicas “base de diseño” e “infrecuente”. Los requerimientos de análisis y diseño resumidos en la tabla 1 para sistemas estructurales con disipadores de energía y aislamiento sísmico contemplan el desempeño de “ocupación inmediata”, respectivamente, para las intensidades sísmicas “base de diseño” e “infrecuente”.

Es importante mencionar que la NTC-Sismo 2023 deja abierta la posibilidad de que el director responsable de obra utilice un sistema estructural innovador, dispositivos de control, metodologías basadas en el control de desplazamientos y niveles de desempeño e intensidades sísmicas más conservadoras, con el fin de reducir las

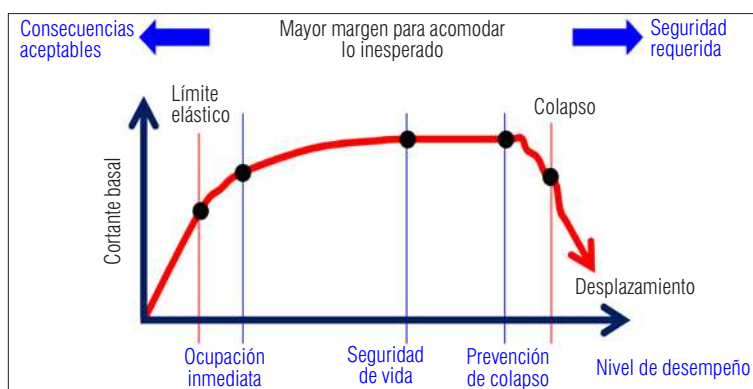


Figura 1. Curva de capacidad de sistema estructural sismorresistente, balance entre demanda y capacidad de deformación lateral.

Tabla 1. Matriz de objetivos de diseño para estructuraciones convencionales

Intensidad sísmica de diseño	Periodo de retorno (años)	Niveles de desempeño			
		No estructural	Estructural		
		Limitación de daño	Ocupación inmediata	Seguridad de vida	Prevención de colapso
Frecuente	≥ 20	1. Grupo B. Revisión de distorsiones	No se permite	No se permite	No se permite
Base de diseño	≥ 250		4. Grupo A. Revisión de distorsiones y diseño por resistencia. 6. Sistemas estructurales con disipadores de energía	2. Grupo B. Revisión de distorsiones y diseño por resistencia	No se permite
Infrecuente	≥ 475		7. Sistemas estructurales con aislamiento sísmico	5. Grupo A. Revisión de distorsiones y diseño por resistencia	3. Grupo B. Revisión optativa basada en desempeño

consecuencias de los sismos en la estructura, en cuyo caso deberá sustentar la solución propuesta con una evaluación basada en desempeño ante el Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México.

En aras de la transparencia, la NTC-Sismo 2023 explica con detalle los niveles de desempeño. Al respecto, deja claro que “limitación de daño” es un nivel de desempeño no estructural enfocado en controlar estrictamente las distorsiones máximas de entrepiso (0.002-0.004) con el fin de controlar el daño no estructural. Además,

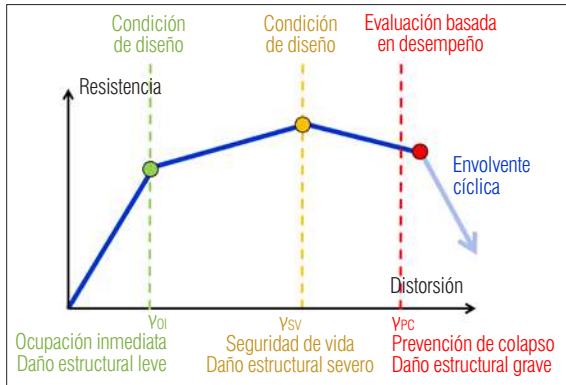


Figura 2. Niveles de deformación lateral asociados a los diferentes niveles de desempeño.

contempla tres niveles de desempeño estructurales. “Ocupación inmediata” es un nivel en el que se esperan daños mínimos en los elementos estructurales, de tal manera que la estructura pueda ocuparse con seguridad inmediatamente después de la ocurrencia del sismo (es posible que el daño no estructural requiera reparación antes de que el edificio pueda operar). Para “seguridad de vida” se espera que, aunque haya daño estructural severo, el sistema estructural mantenga un margen de seguridad significativo en relación con el inicio de un colapso, y que su reparación estructural sea viable desde los puntos de vista técnico y monetario (a pesar de que se presente daño no estructural significativo). “Prevención de colapso” implica que el sistema estructural exhiba daño estructural grave que, sin poner en riesgo su capacidad para resistir las cargas gravitacionales, comprometa su capacidad para resistir posibles réplicas y la viabilidad de su reparación. En la figura 2 se muestran los niveles de deformación lateral asociados a cada uno de los tres niveles de desempeño. De conformidad con lo mostrado, para lograr “ocupación inmediata” la deformación lateral del sistema estructural debe ser controlada de tal manera que no rebase significativamente el límite de su comportamiento elástico lineal. Para “seguridad de vida”, la deformación lateral no debe exceder aquella para la que el sistema estructural alcanza su resistencia máxima.

En lo que sigue se describen cinco rubros en los que la NTC-Sismo 2023 exhibe cambios importantes en relación con versiones anteriores.

Control de la deformación lateral

Se hace mayor énfasis en el control de la deformación lateral en sistemas estructurales de interés para la comunidad mexicana de ingeniería estructural. En particular, para sistemas estructurales irregulares se reducen las distorsiones límite como alternativa al incremento de las fuerzas laterales de diseño. Algo similar ocurre para las estructuras del grupo A, cuya condición crítica de diseño ahora implica usar límites de distorsión máxima de entrepiso significativamente menores (asociados al nivel de desempeño de “ocupación inmediata”), sin un incremen-

to en las fuerzas laterales resultado de la consideración de un factor de importancia. Para el caso de sistemas estructurales con disipadores de energía y aisladores sísmicos, el sistema estructural debe satisfacer, como se indica en la tabla 1, el nivel de desempeño de “ocupación inmediata”, lo que implica un control tan estricto de su desplazamiento lateral como el que se contempla para las estructuras del grupo A. Finalmente, es de llamar la atención el capítulo 11, enfocado en un diseño basado en control de desplazamientos, con el fin de hacer posible un diseño sísmico basado en resiliencia y un diseño más racional de estructuras con sistemas de control.

Análisis no lineal

Se introdujeron requerimientos para un análisis estático no lineal con objeto de estimar parámetros globales de diseño (como los factores Q y R) para sistemas estructurales convencionales atípicos y sistemas estructurales no convencionales. Al respecto, se considera como convencional cualquiera de los sistemas estructurales contenidos en las tablas del capítulo 4 de la norma; “atípico” se refiere a un sistema estructural que, aunque convencional, exhibe propiedades, como la altura de entrepiso o el largo de las crujeas, que no son habituales para las edificaciones mexicanas. Además, se estableció una variedad de casos en que el sistema estructural debe ser revisado con una evaluación basada en desempeño. La evaluación se hace con base en los resultados de una serie de análisis dinámicos no lineales, y es obligatoria en casos como el de sistemas estructurales no convencionales, de edificios altos, con periodo largo, con irregularidad excesiva, que usen dispositivos de control o que hayan sido diseñados con una metodología de control de desplazamientos.

Personalización

Se introdujo un nuevo inciso de modelado para tomar en cuenta las particularidades del sistema estructural durante el análisis estructural, así como un capítulo mejorado de interacción suelo-estructura que obliga –con la excepción de sistemas estructurales de baja altura– a tomar en cuenta las particularidades del sistema suelo-cimentación. Además, se introdujeron nuevos capítulos (12, 13 y 14) que contienen requerimientos para llevar a cabo, por un lado, el análisis y diseño de sistemas estructurales con dispositivos de control (disipadores de energía y aislamiento sísmico) y, por el otro, una evaluación basada en desempeño. Esta evaluación se hace obligatoria para los casos mencionados en el apartado anterior.

Ocupación inmediata

La NTC-Sismo 2023 hace énfasis en el nivel de desempeño de “ocupación inmediata”, pensado en reducir las consecuencias de los sismos intensos. En particular, es posible notar en la tabla que hay más situaciones en que se requiere diseñar para “ocupación inmediata” que aquellas en que se diseña para “seguridad de vida”. De particular interés es mencionar que, para las estructuras

del grupo A, el objetivo de diseño 4 regirá el diseño en la mayoría de los casos, de tal suerte que será la "ocupación inmediata" la que defina las propiedades del sistema estructural. Así, aunque el nivel de desempeño de "seguridad de vida" sigue rigiendo el diseño de los sistemas estructurales convencionales de edificaciones del grupo B, existe una clara tendencia a que cada vez sean más los casos en que el diseño quede regido por la necesidad de "ocupación inmediata" para sismos de alta intensidad.

Contenidos, instalaciones y elementos no estructurales


Debido a la importancia que tiene el control de daño en los elementos no estructurales, contenidos e instalaciones, se introdujo un nuevo capítulo para su revisión y diseño. Por lo general, esto requiere el cálculo de la aceleración de entrepiso y, con base en ella, las fuerzas actuantes en ellos.


Sistema de acciones sísmicas de diseño

Finalmente, se llama la atención sobre la innovación conceptual involucrada en la nueva versión del Sistema de Acciones Sísmicas de Diseño (SASID). En este contexto, el SASID 2023 considera: a) un modelo de peligro sísmico basado completamente en espectros de Fourier y teoría de vibraciones aleatorias (modelos de atenuación del

espectro de Fourier y cocientes empíricos entre los sitios del valle y la estación de referencia ubicada en Ciudad Universitaria, UNAM; b) la actualización de los valores del periodo dominante del terreno; c) un modelo flexible que permite calcular el peligro sísmico para diferentes niveles de amortiguamiento con un solo modelo de atenuación; d) mallas precalculadas de alta resolución para diferentes amortiguamientos y épocas futuras, lo que facilita la actualización y auditoría de SASID; e) nuevo esquema de interpolación para obtener los espectros de diseño en puntos intermedios entre los que definen las mallas; y, finalmente, f) espectros normativos para las intensidades sísmicas "base de diseño" e "infrecuente".

Conclusión

En un contexto general en que los requerimientos de diseño se han hecho más estrictos con el objetivo de reducir las consecuencias de los sismos para los habitantes de la Ciudad de México, han surgido varios retos y oportunidades que se deben superar y aprovechar por todos aquellos profesionales que desarrollan su actividad en el ámbito de la industria de la construcción mexicana 

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

OPORTUNIDAD DE DESARROLLO

Construya 7 departamentos Zona Exclusiva en Benito Juárez



- **Casa a la venta: 353m²**
- **Permiso Residencial**
- **Cerca de Plaza Universidad**



Trato Directo

Lic. Marcela Robles

Tel (52) 55 7868 0161

Email: info@iamas.mx



La ingeniería civil en la transición a un sistema de energía sostenible

La necesidad de transitar a un sistema de energía ambientalmente sostenible es un problema enorme de alcance mundial que debe atenderse a la mayor brevedad. El CICM tiene una larga trayectoria de participación en el desarrollo del país. Su organización en comités técnicos pone de manifiesto que su ámbito de acción en la ingeniería civil y ramas afines es muy amplio.

JOSÉ LUIS
ABURTO
Ingeniero mecánico electricista, doctor en Ingeniería Industrial. Fue subsecretario de Energía. En la CFE desarrolló el sistema de planificación estratégica. Consultor en América, Europa y Asia. Miembro del Consejo Consultivo del Electric Power Research Institute. Coordinador del Programa de Energía en la Academia de Ingeniería.

La planificación, el financiamiento y los proyectos son temas transversales prioritarios para establecer estrategias integrales de largo plazo que resultan indispensables para emprender aceleradamente la transición del sistema de energía de México.

Planificación

La planificación proporciona la visión de largo plazo, lo que conduce a tomar en cuenta el riesgo y la incertidumbre –presentes en cualquier actividad– en forma sistemática. Además, la planificación evidencia que los problemas complejos son pluridisciplinarios. Los objetivos del plan deben ser congruentes con las políticas públicas y contar con metas medibles y comprobables. El grupo encargado de la planificación debe contar con atribuciones definidas, recursos humanos calificados y estructuras diseñadas para identificar desviaciones en las metas y para tomar acciones correctivas con oportunidad. Las bases de datos y la modelación matemática son herramientas fundamentales para dar coherencia a los distintos elementos del plan y para integrarlos adecuadamente.

En particular, el plan para la transición hacia un sistema de energía sostenible implica que en las próximas décadas habrá que reemplazar mucha infraestructura y tecnología existente o adecuarla a otros usos; también significa la necesidad de construir infraestructura y adquirir cantidades inéditas de equipos y maquinaria para nuevas tecnologías, destinados a la producción, el transporte, almacenamiento, distribución y uso de energías limpias.

Los planes deben mantenerse actualizados mediante ajustes derivados de cambios en el entorno, como son el avance tecnológico, factores macroeconómicos

o financieros y otros. Esto conduce al segundo tema prioritario.

Financiamiento

Trátase de un plan o de un proyecto, el financiamiento es elemento indispensable para cualquier emprendimiento.

En un análisis del Organismo Internacional de Energía (International Energy Agency, IEA) sobre 20 países emergentes y en desarrollo que comprenden las economías mayores, México es el país con menor inversión en energía como porcentaje del PIB (1%). Extrapolando las estimaciones del IEA, la inversión debe multiplicarse por cuatro hacia 2030, y después seguir aumentando hasta llegar a crecer siete veces para hacer viables las metas con que México se comprometió en el Acuerdo de París.

Un programa de inversiones tan ambicioso tiene que estar acompañado de un programa de financiamiento de largo plazo equiparable, cuyo primer componente son fondos concesionales de la banca multilateral de desarrollo, de agencias de desarrollo de países avanzados y de la banca de desarrollo nacional. Estos fondos en ocasiones otorgan garantías o cubren los riesgos asociados a las etapas iniciales de los proyectos, pueden tener plazos de gracia prolongados y plazos de amortización largos. Al reducir los riesgos de los proyectos, estos fondos atraen capitales privados complementarios provenientes de la banca comercial y de fondos diversos, como son inversionistas institucionales, bancos de inversión, fondos verdes, etc. Un mercado internacional de compraventa de derechos de emisiones puede ser instrumento adicional para financiar la transición.

Los costos de inversión de los proyectos anteceden a los beneficios. Por este motivo, es importante que los

financiamientos sean pagaderos a muy largos plazos, idealmente iguales a la vida económica esperada de los proyectos, y tener previsto un programa amplio de refinanciamientos con el fin de atenuar la curva de pago de la deuda. De lo contrario sería necesario aumentar desproporcionadamente los precios de la energía durante varias décadas, lo cual resultaría políticamente inviable.

México es un país atractivo para la inversión debido a que forma parte del T-MEC, con acceso al mercado más grande del mundo y a los incentivos que las leyes recientemente aprobadas en EUA pueden otorgar a los fabricantes localizados en nuestro país. Por otra parte, para atraer capitales suficientes México debe ofrecer Estado de derecho (esto es, respeto al marco jurídico y a los contratos), seguridad y regulación estable.

Proyectos

Los proyectos de inversión representan un desafío aún mayor que el financiamiento. Capital disponible existe en escala mundial; lo que falta son medios que faciliten su conducción hacia los países emergentes. Sin embargo, el obstáculo principal es la escasez de proyectos bien fundamentados en estos países.

En México, la técnica para definir y fundamentar sólidamente los proyectos de inversión es escasa, las instituciones que lo sabían hacer bien tienen degradadas sus habilidades. El país necesita incrementar aptitudes para la planificación, fundamentación y gestión de proyectos complejos.

Para cualquier proyecto de inversión se requiere llevar a cabo estudios previos. Los dos tipos de proyectos más frecuentes son:

- Selección de sitios para la construcción de centros industriales tales como fábricas para el procesamiento de materias primas (minerales), bienes intermedios (metales y componentes) y productos terminados (maquinaria y equipo), plantas para procesamiento de gas natural, plantas petroquímicas, centrales generadoras de energía eléctrica, subestaciones, bancos de baterías, etcétera.
- Definición de trayectorias para el transporte o la conducción de energía: oleoductos, poliductos para petrolíferos, gasoductos, líneas para la transmisión y distribución de energía eléctrica.

Los estudios previos se inician con la ingeniería conceptual del proyecto, seguida de estudios de geología, geofísica, geotecnia, examen del acceso a infraestructura para el suministro de servicios (agua, energía, comunicaciones y transporte), así como la ejecución de manifestaciones de impacto ambiental y consultas a comunidades y pueblos indígenas.

Otros tipos de proyectos tienen necesidades adicionales o diferentes, como la exploración y producción de hidrocarburos (oceanografía para proyectos en el mar) y la de vapor geotérmico (geoquímica). El proceso de exploración es prolongado y entraña un nivel elevado



Figura 1. Una de las mayores obras civiles de México es la presa Chicoasén, ejemplo de energía limpia.

de riesgo e incertidumbre. Durante la exploración se invierte por etapas para comprar información (primero mediante estudios geológicos) y evaluarla antes de dar el siguiente paso. Continúan otras etapas (como sísmica tridimensional) que contribuyen a acotar los valores esperados de costos y beneficios y a tomar mejores decisiones mediante análisis estadístico bayesiano. Después sigue la obtención de información cuantificable, más cara, mediante la perforación de pozos exploratorios, que conduce a la valuación de las reservas posibles. Al aprobar un proyecto e iniciar su etapa de desarrollo, la perforación exploratoria se dirige a la delimitación del campo, que proporciona información suficiente para construir un modelo matemático del yacimiento, con el fin de conocer sus características físicas, modelar su comportamiento durante la explotación, seleccionar las tecnologías específicas para su explotación y dimensionar la infraestructura requerida, tanto para la extracción del recurso como para su manejo superficial y conducción a plantas de tratamiento o a infraestructura para el suministro y uso del recurso.

Para proyectos solares y eólicos se realizan mediciones de viento a diferentes alturas y los recursos (radiación solar y viento) se estudian en intervalos de tiempo, durante varios años, para estimar su generación eléctrica anual promedio y examinar su estacionalidad, sus patrones horarios y las varianzas asociadas.

Todas las actividades arriba descritas están dirigidas a conocer los costos y beneficios del proyecto. Por otra parte, se llevan a cabo estudios del mercado con el fin de valorar sus ingresos potenciales. Adicionalmente se ponderan los riesgos y la incertidumbre asociados mediante técnicas de análisis de sensibilidad y otros métodos estadísticos.

En todos los casos, el resultado final que se busca es un proyecto de inversión bien fundamentado, con evaluación financiera y económica y social, con análisis

de sensibilidad que lo califica como un proyecto robusto, con riesgos identificados y acotados: un proyecto financierable.

Las grandes empresas realizan estudios sistemáticos normalizados encaminados a formular, evaluar, comparar y seleccionar proyectos de inversión bien fundamentados.

Una actividad prioritaria para la transición del sistema de energía es la preparación de una cartera amplia de proyectos de inversión bien fundamentados. En este tema, la participación del CICM es esencial. El colegio participa en todos los sectores de infraestructura representados por comités técnicos especializados en ramos específicos que pueden conformar programas y carteras de proyectos sectoriales. Estos comités incluyen: Agua, Transporte, Desarrollo Urbano, Ambiental y Energía.

Hay otras especialidades de ingeniería, afines a la civil, orientadas a obras de infraestructura compleja y específica en las que el CICM también puede participar. Las ingenierías asociadas a ciencias de la tierra tienen grandes oportunidades de trabajo en proyectos para confinamiento de carbono en campos de hidrocarburos abandonados, almacenamientos estacionales de gas natural de gran escala en domos salinos, perforación horizontal de pozos multiniveles y técnicas de fracturación de rocas para la explotación de hidrocarburos en formaciones de lutitas (estos con el fin de mitigar la elevada dependencia del gas natural importado, cuya demanda seguirá aumentando), el desarrollo de recursos geotérmicos para generación eléctrica y los de media entalpía para el aprovechamiento de energía térmica en aplicaciones diversas.

La ejecución de proyectos hidroeléctricos que resulten rentables reúne muchas ramas de la ingeniería, destacadamente el diseño y la construcción de las cortinas de las presas y el resto de la obra civil (figura 1).

La ingeniería nuclear ha tenido éxito cuando ha contado con el apoyo decidido y continuo del gobierno (Francia, Japón, Corea del Sur, ahora China), con el cual la secuencia de proyectos permite lograr plazos de ejecución cortos y costos competitivos. Se requiere mucho capital para emprender un programa nuclear, siendo esta, posiblemente, la restricción más importante para México. Por otra parte, la ingeniería nuclear es un centro de aprendizaje muy importante, con altos estándares de técnicas constructivas, de tecnologías avanzadas y de gestión de proyectos complejos conducentes a elevar el nivel de las ingenierías, aplicables en muchos tipos de proyectos.

A futuro puede convenir la conversión de alguna refinera convencional en refinera petroquímica.

Asimismo, habrán de desarrollarse centrales eléctricas operadas con combustibles limpios y nuevas aplicaciones en la industria y el transporte para estos combustibles. Será necesario diseñar y desarrollar la infraestructura para la producción, transporte, almacenamiento, distribución y uso de estos combustibles.

Ingeniería de mantenimiento e infraestructura para almacenamiento

Existen dos sectores relativamente desatendidos. Los países que avanzan en ingeniería y tecnología se caracterizan por su buena ingeniería de mantenimiento. Esta empieza por cumplir rigurosamente las prácticas de mantenimiento preventivo en plazos y alcance; en atender las fallas que se presenten, no únicamente resolviéndolas sino estudiando su causa raíz, documentándola y añadiendo prácticas que incorporen las lecciones aprendidas. La alta confiabilidad de las instalaciones debe ser el objetivo central de la ingeniería de mantenimiento. Y sus lecciones, incorporadas a la ingeniería de diseño.

La digitalización es un nuevo instrumento para mejorar la confiabilidad de la infraestructura. El uso de sensores, medidores, drones inteligentes y otros elementos digitales en estructuras, maquinaria y equipos permite detectar vulnerabilidades y anomalías, y atenderlas antes de que ocurran las fallas. Por ejemplo, en algunos países ya se emplean drones para detectar anomalías en elementos de líneas de transmisión.

El otro sector es la infraestructura para almacenamiento, que constituye el complemento del transporte para mover los bienes en el espacio y en el tiempo. El almacenamiento es una materia con poca tradición en México. Desequilibrios esperables en la transición del sistema de energía aumentan la importancia de contar con márgenes de maniobra, incluyendo más almacenamientos para combustibles fósiles y limpios, y otras opciones que aporten flexibilidad. Por ejemplo, las baterías son almacenes de energía electroquímica, las hidroeléctricas de bombeo almacenan energía potencial.

Además, en todas las actividades productivas se requieren almacenes de logística para bienes de todo tipo, en contenedores, a granel, en cajas y otras formas de empaque de bienes. La compraventa de bienes en línea seguirá en aumento y también el comercio interregional e internacional. Para progresar, el país necesita fortalecer su red de comunicaciones terrestres, marítimas y aéreas, complementadas con almacenes desde los centros de producción o de importación hasta los destinos para su aprovechamiento o exportación.

El futuro sistema de energía va a necesitar el desarrollo de las siguientes actividades:

- Minerales, metales y productos intermedios. Se requerirá mayor exploración y explotación o importación de cobre, aluminio y mineral de hierro para más redes eléctricas; litio, cobalto, níquel y grafito para baterías y electrolizadores.
- Fábricas de baterías, vehículos eléctricos y electrolizadores para producir hidrógeno verde (impulsados por energía eléctrica generada con fuentes limpias).
- La integración de líneas de producción de las materias primas, productos intermedios, componentes y productos terminados, aprovechando las ventajas

comparativas entre regiones del país y del comercio internacional, particularmente con los socios del T-MEC.

- Las ingenierías química y electroquímica, esenciales para el desarrollo de tecnologías para la captura de carbono, la producción y el almacenamiento de combustibles limpios, y baterías avanzadas de mayor capacidad y eficiencia.


Adaptación al cambio climático, un tema nuevo

No habíamos tenido un evento extremo severo en México como la reciente tragedia en Acapulco. Hubo pérdida de vidas, heridos y desempleo para gran parte de la población económicamente activa; propiedades devastadas, desde viviendas humildes hasta grandes hoteles, destrucción de infraestructura en los sistemas de agua, energía, transporte y equipamiento urbano. Una proporción elevada de empleos y acervos físicos sufrieron pérdida definitiva. Hay mucho por reconstruir, pero tomará plazos largos y montos de inversión enormes, en circunstancias muy adversas.


Este evento trágico pone de manifiesto la necesidad que tiene México de iniciar el planteamiento y la ejecución de una estrategia integral de adaptación al cambio climático, como ya lo han empezado otros países. Las

líneas de acción incluirán la protección de zonas costeras y la aplicación de nuevos códigos de construcción para resistir o mitigar los impactos de eventos extremos. La adaptación al cambio climático es tema relevante para que el CICM inicie estudios sistemáticos sobre la forma de abordarla.

Conclusiones

La ingeniería civil es muy relevante en la transición hacia un sistema de energía ambientalmente sostenible. Destacan la planificación y la integración de una cartera amplia de proyectos sólidamente estudiados y evaluados. La ingeniería civil es pilar para impulsar el crecimiento económico y facilitar la inversión y el comercio exterior mediante infraestructura para transporte y almacenamiento. La confiabilidad y flexibilidad del sistema de energía están basadas en la digitalización y la ingeniería de mantenimiento. La estrategia integral de adaptación al cambio climático se sustenta en infraestructura robusta 

Este artículo está basado en la exposición del autor durante el 3er Foro de Energía, llevado a cabo en septiembre de 2023.

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escríbanos a 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

La inversión pública sí puede ser el principal motor del desarrollo

Economista con amplia experiencia en la administración pública, preparación y puesta en operación de proyectos de infraestructura en los sectores de comunicaciones, transportes, medio ambiente, energía y salud, así como en la regulación aplicable a programas y proyectos de inversión en el Gobierno Federal, el 22 de noviembre de 2022, Jorge Nuño Lara asumió como titular de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Nos recibió en sus oficinas de la SICT para este diálogo.

JORGE
NUÑO LARA
Secretario de
Infraestructura,
Comunicaciones
y Transportes.

Ingeniería Civil (IC): ¿Cuál es el proceso que sigue la SICT para el desarrollo y actualización de las normas de planeación, diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura?

Jorge Nuño Lara (JNL): No existía de manera institucionalizada un proceso como tal, con todo lo necesario para la toma de decisiones ejecutivas; tuvimos que diseñarlo, de tal forma que las áreas que se dedican a esto tuvieran un procedimiento estándar.

Ahora hay un Comité de Infraestructura que presido, donde están todas las direcciones generales involucradas en el diseño y construcción de carreteras, infraestructura y área aeroportuaria. En el seno de ese comité, los promotores tienen que presentar sus proyectos de una manera secuencial. Estamos haciendo el Manual del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, en el que se define qué entregables deben presentarse para una primera etapa; por ejemplo, si se diseña una nueva carretera hacia Huejutla, un nuevo trazo, lo primero que se presenta en el seno de ese comité es lo que designamos como etapa 1, la etapa conceptual, y con información de gabinete se define el proyecto. Después se autorizarían recursos para poder desarrollar los estudios correspondientes. Una vez autorizados los recursos y realizados los estudios, se regresa al Comité de Infraestructura a plantear todo el diseño de lo que será el proyecto y la estrategia con la que van a poder construir. Es decir, el proyecto se divide en etapas: primero dos entronques, luego la troncal o cómo lo vamos a contratar. Todo eso se desarrolla con base en un manual aprobado en ese comité.

IC: El Presidente se caracteriza por solicitar resultados en muy corto plazo. ¿Cómo manejar los tiempos políticos con los tiempos de la ingeniería, que ustedes plantean?

JNL: La secretaría tiene mucha fuerza de ingeniería y empeña toda su creatividad; aquí hay miles de ingenieros, además de que se cuenta con el Colegio de Ingenieros Civiles y con diversas asociaciones y sociedades técnicas de especialistas en distintas áreas de la ingeniería, como vías terrestres, geotecnia, estructuras, medio ambiente... organizaciones que son de gran ayuda para nosotros.

IC: Además de la presión política, ¿qué inconvenientes destaca para hacer realidad los proyectos en tiempo, costo y calidad?

JNL: Las autorizaciones en materia ambiental, el derecho de vía, la consulta social, la relación con otras dependencias como la Conagua, por ejemplo... gestiones que escapan a nuestra autoridad y debemos respetar.

Propusimos que exista una autoridad específica para la coordinación de todas las gestiones interinstitucionales, de tal forma que se alineen las distintas instancias de aprobación de proyectos.

IC: ¿Se designó dicha autoridad, o se resolvió sin crearla?

JNL: De hecho es el Presidente quien lo está haciendo. Él cita a todas las secretarías e instancias de gobierno involucradas en cada proyecto, no solo de la SICT, y pone a todos a trabajar para lograr el objetivo.



Construcción de apoyos del Viaducto Oaxaca.

IC: La actual administración ha dado preeminencia a la inversión pública, aunque no descarta la participación privada. ¿Cómo se está manejando en la SICT la relación con el sector privado, por ejemplo, en el caso de las APP?

JNL: Hay dos tipos de APP: las que tienen financiamiento completo del presupuesto, llamadas APP puras, son las que el Presidente ha cuestionado más, pues generan compromisos de largo plazo, y a la hora en que se quiere crecer no hay espacio presupuestal. Otro problema que le veo a ese tipo de contratos es que durante el régimen anterior a 2018 se daba preferencia a la inversión privada por sobre la pública. La actual administración ha demostrado que sí puede la inversión pública ser el principal motor del desarrollo, sin desprestigiar a la inversión privada.

IC: ¿Cuál es su opinión de las APP puras?

JNL: Con tal de que participara la inversión privada se garantizaban niveles de rentabilidad sobredimensionados, y no era ese el espíritu de ese tipo de iniciativas, que surgieron en Inglaterra. El primer propósito era poder transmitir al sector privado riesgos que ellos administran mejor que el Estado. Son puras porque no tienen una tarifa que se recupere con tarifas pagadas por el usuario de la infraestructura, sino que son pagadas con presupuesto público. Tienen la característica de no transmitir los riesgos al sector privado adecuadamente y de garantizar una tasa de rendimiento alta, no razonable, según estándares internacionales. El argumento principal era la falta de recursos públicos, algo que en la actual administración no sucede.

IC: ¿Cuáles son las otras APP y qué opina de estas?

JNL: Son las relacionadas con las concesiones, donde la inversión se recupera a través de la tarifa que pagan los usuarios de la infraestructura; el sector público no necesariamente tiene que poner el 100% del dinero. Antes de 2018 también existieron concesiones a través de ese esquema, en las que hubo una subvención pública. Por ejemplo, el proyecto cuesta 3,000 millones de pesos, y a través del Fondo Nacional de Infraestructura o de la banca de desarrollo el sector público fondeaba con 1,000 millones o con recursos fiscales a fondo perdido; así, el sector privado solo debe recuperar 2,000 millones de pesos más en operación y mantenimiento; eso es lo que recupera la tarifa, cuando esos 1,000 millones podrían haberse destinado a otro proyecto.

IC: ¿Qué se está haciendo con ambos tipos de APP de la actual administración federal o de las anteriores?

JNL: No ha habido nuevas concesiones a entidades privadas; sí ha habido concesiones a entidades públicas.

IC: ¿Es el caso de las Fuerzas Armadas?

JNL: Sí, y de otros organismos públicos. También se renovó el título de concesión de la autopista a La Rumorosa, en Baja California —es un fideicomiso que tiene el gobierno del estado— y el puente fronterizo Colombia, un título de concesión que tiene el gobierno de Nuevo León. Esos fueron títulos que llegaron a su fecha límite y se renovaron. Dos títulos de concesión nuevos se emitieron a Grupo Aeroportuario Turístico Mexicano, una empresa pública que está desarrollando con Aeropuertos Mexicanos la expansión de los aeropuertos de Tepic y de Puerto Escondido. Ahí dimos la asociación a una empresa pública, y esta se asoció con un privado para poder desarrollar la infraestructura de expansión.

IC: ¿Qué nos puede decir de los casos específicos de la SICT?

JNL: Hemos venido con los títulos de concesión de carreteras que tenemos; son los que coloquialmente llamamos “desdoblamientos”. En realidad son ampliaciones de objeto: se ve que hay espacio porque tiene ingresos adicionales, porque tuvo un tráfico extraordinario o porque le quedan años a la concesión; entonces, con cargo a esos años y a esos ingresos extra, se hace una obra adicional, que puede ser en la misma autopista o fuera de ella, no necesariamente ha de estar conectada. De esos, considero que la parte más importante que hicimos fue la infraestructura de conectividad terrestre al aeropuerto Felipe Ángeles, financiada con un desdoblamiento del título de concesión Golfo Centro, que es la autopista que conecta la Ciudad de México con Tuxpan.

IC: ¿En qué medida la SICT pierde autoridad, participación, responsabilidad en los proyectos que pasan a cargo de las Fuerzas Armadas? Y, además, ¿qué tan

cierto es que las Fuerzas Armadas desplazan al sector empresarial del desarrollo de infraestructura en todo el proceso, desde el proyecto hasta la construcción y mantenimiento?

JNL: Muy buena pregunta. En varios medios de comunicación han dicho que la secretaría ha perdido sus funciones. La SICT no ha perdido ni autoridad ni funciones. Las funciones de la secretaría están plasmadas en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y legalmente no ha perdido ninguna, no se han modificado. La SICT no opera carreteras, no opera aeropuertos ni aerolíneas. La SICT otorga concesiones para que un tercero –sean empresas u organismos públicos– opere un aeropuerto o una autopista.

IC: ¿Cómo es en el caso de las obras que están a cargo de las Fuerzas Armadas?

JNL: La SICT otorgó al Grupo Aeroportuario, Ferroviario, de Servicios Auxiliares y Conexos Olmeca-Maya-Mexica un título de concesión, y este grupo, para poder obtener ese título, tuvo que cumplir con una serie de requisitos –sin privilegios–, exactamente los mismos que debe cumplir una empresa privada. ¿Cuál es la diferencia entre ellos? Que no media una licitación, porque se le dio a una empresa paraestatal y con la reciente modificación a la Ley de Aeropuertos no tienen un tiempo límite de vida –antes estaba restringido a 30 o 60 años–. Eso pasó para el servicio ferroviario, para el Tren Maya. Pero el grupo Olmeca-Maya-Mexica tiene que cumplir con todos los requisitos, como cualquier otro concesionario.

IC: ¿Cómo participa la SICT en el tema –si le incumbe o no– del diseño, la programación, el desarrollo, la calidad de la construcción, etcétera?

JNL: Tanto los organismos públicos como los privados deben presentar el proyecto ejecutivo para nosotros hacerle observaciones que deben atender para que sea aprobado conforme a las normas y criterios de construcción de esa infraestructura.

IC: ¿Qué importancia tiene en la secretaría a su cargo la innovación y la tecnología en el desarrollo de las políticas y las acciones?

JNL: No estamos aún en el nivel al que aspiramos. El Instituto Mexicano del Transporte (órgano desconcentrado de la SICT) sí está desarrollando algunas de estas actividades y trabaja de la mano con nosotros.

IC: ¿Cuál es el estatus del ramal del ferrocarril suburbano de Buenavista hacia el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles? ¿Cuándo será su inauguración y cuáles son los costos y el precio del peaje?

JNL: La obra terrestre para llegar en auto quedó resuelta. El ferrocarril se podrá abordar en Buenavista para arribar al AIFA en menos de 40 minutos. El proyecto está a poco más del 50%. El precio de la tarifa para llegar de Buenavista al AIFA ronda los 150 pesos, aunque no está

decidido aún. Obviamente, habrá tarifas según el destino de estaciones intermedias.

IC: ¿Cuándo se inaugura?

JNL: En el primer trimestre del año 2024.

IC: ¿Cómo surgió la idea de los trenes de pasajeros en los ramales concesionados para transporte de carga? Pareció una sorpresa.

JNL: En la SICT hay un equipo que todos los días está generando ideas. Uno de los colaboradores más destacados es economista, de los más brillantes que he conocido: egresado del IPN con doctorado en Chicago, se ha especializado en asuntos de trenes; conoce mucho sobre temas regulatorios. Él hizo ver que en el artículo 101 dice que el servicio de pasajeros tiene prioridad sobre el servicio de carga –no es ninguna novedad, también lo tenemos en transporte aéreo, es un símil– y explicó cómo está redactado el título de concesión de los trenes de carga, que dice que el Estado mexicano puede poner en funcionamiento el servicio de pasajeros en cualquier momento.

La idea central era promover el transporte de pasajeros para dar solución a problemas de sobrecarga y para seguridad de autopistas como la México-Querétaro y la México-Puebla, por ejemplo.

IC: Se menciona que se le ha dado poco tiempo a los concesionarios –enero de 2024– para responder el planteo oficial. ¿Qué opina de eso? ¿Qué respuesta ha tenido de ellos?

JNL: Los concesionarios están dispuestos a participar; tuve una reunión con ellos. En enero se decide cuáles rutas van a iniciar, en qué momento y cuál es el plan de trabajo con el que se podrá llegar al inicio de obra. Lo primero es ver qué estudios deben hacerse y con base en qué vamos a tomar las decisiones.

IC: ¿Existe una estrategia de la SICT para proteger la red federal carretera en caso de desastres naturales?



Tendido de mezcla asfáltica.



TODO ES POSIBLE

www.vise.com.mx



VISE
TODO ES POSIBLE





Labores de construcción del puente El Nopal.

► La secretaría tiene mucha fuerza de ingeniería y empeña toda su creatividad; aquí hay miles de ingenieros, además de que se cuenta con el Colegio de Ingenieros Civiles y con diversas asociaciones y sociedades técnicas de especialistas en distintas áreas de la ingeniería, como vías terrestres, geotecnia, estructuras, medio ambiente... organizaciones que son de gran ayuda para nosotros.

JNL: La principal estrategia es el Programa Nacional de Conservación. Detectamos cuáles son las carreteras que han sufrido daños en eventos anteriores y a esas les damos un tratamiento diferente.

Algo que estamos haciendo de otra manera en estos años es que iniciamos el Programa de Conservación con una actividad medular que nos permite tener mucha resiliencia: simple y sencillamente destapar las obras de drenaje, para que cuando lleguen las lluvias en abril y mayo las obras de drenaje estén a su máxima capacidad.

Un problema que detectamos es que ha habido una deforestación importante en las zonas montañosas y eso ha cambiado la forma en que se dan los escurrimientos; la corriente cambió de dirección y de volumen, entonces hay que recalcular algunas obras de drenaje. Esas no las conocemos a priori, lo venimos aprendiendo conforme van ocurriendo ciertos eventos. Se hacen modelados de escurrimientos y se va detectando dónde es preciso cambiar la obra de drenaje.

IC: Existe una "disputa histórica" respecto a cómo construir infraestructura sobre los escurrimientos naturales de agua. ¿Cómo se está resolviendo?

JNL: La Conagua hizo un cambio importante en su metodología: ahora debe hacerse un área hidráulica mucho

más grande; eso requiere un puente, un viaducto, y ha ido resolviéndose bastante bien.

IC: ¿Se han hecho estudios de riesgos para diseñar un seguro adecuado, que permita obtener los recursos en tiempo y forma para la reconstrucción de infraestructura carretera en caso de desastres naturales?

JNL: Ahora la Secretaría de Hacienda tiene un mecanismo un tanto más ágil para eso; tiene un apartado de dinero igual o mayor que el que tenía el Fondo de Desastres Naturales, que ya no se maneja de manera discrecional. Cuando sucede una emergencia, de inmediato entran los primeros auxilios. No es que vayan a dar una autorización presupuestal para ello: lo que hacemos es utilizar la maquinaria de los contratistas que están en la zona –con los que tenemos contratos de conservación en todo el país– para dar los primeros auxilios. Se hacen las evaluaciones y entran los apoyos parciales inmediatos que Hacienda autoriza de forma muy ejecutiva. Luego viene la reconstrucción; es un proceso que tenemos muy bien controlado con Hacienda: en la medida en que vamos dando los dictámenes, se van liberando los recursos, todo de manera muy transparente.

IC: Una práctica recurrente ante cada afectación de la infraestructura por fenómenos naturales: se determinaba reconstruir tal como estaba, sin considerar que luego de la afectación podría requerirse construir en otras condiciones, en otro lugar y otro tipo de infraestructura.


JNL: Sí se modificó ese requisito legal. Ahora la construcción considera la experiencia del fenómeno natural que afectó la infraestructura.

IC: ¿Qué programas, proyectos y obras ya autorizados quedarán pendientes al término del actual sexenio?


JNL: Ninguno.

IC: Esto lleva a preguntar sobre la necesidad de que haya un organismo de planificación integral, no burocrático administrativo, sino con capacidad de ejecución, de toma de decisiones, donde participen todas las instituciones públicas, tal vez invitando al sector académico y empresarial, que involucre a todo el sector público con responsabilidad en el desarrollo de infraestructura.

JNL: Efectivamente. Una autoridad que pueda tener injerencia en la forma en que el Plan de Infraestructura se va a repartir y que alinee a todos, algo como lo que comenté que hace el Presidente, digamos, sin la formalidad de la estructura.

Falta mucho en el tema de planificación; es uno de los principales desafíos que debemos resolver como Estado, como país, y no solo en materia de infraestructura 

Entrevista de Daniel N. Moser

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



Colegio de
Ingenieros Civiles
de México A.C.



XXXIX CONSEJO
DIRECTIVO

CONVOCATORIA

PERITOS PROFESIONALES EN VIAS TERRESTRES 2024

Fecha límite de entrega de documentos:
Lunes 26 de febrero de 2024,
antes de las 15:00 horas.

Consulta nuestras bases en la convocatoria publicada en:
<https://cicm.org.mx/convocatorias/>



Informes: **Lic. Fabiola Nateras**



Tel: **5556062323 ext. 135**



Correo: **certificacion@cicm.org.mx**

Materiales para marcas en el pavimento

En materia regulatoria, el ámbito de la seguridad vial en México cuenta con un marco legal específico de señalamiento horizontal en calles y carreteras. En este artículo se busca trazar un panorama de los aspectos generales a tomar en cuenta en los materiales que se utilicen para las marcas viales en el pavimento de manera que se cumpla con el marco regulatorio y se contribuya a la seguridad de la infraestructura vial.

LILIANA ROCÍO
RANGEL LANUZA
Ingeniera civil con maestrías en Planeación y Urbanismo. Investigadora en el Instituto Mexicano del Transporte. Jefa de la División de Investigación y Actualización de Normas de la Coordinación de la Normativa para la Infraestructura del Transporte.

En nuestro país, la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMSV), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de mayo de 2022, define a la seguridad vial como el “conjunto de políticas y sistemas orientados a controlar los factores de riesgo, con el fin de prevenir y reducir las muertes y lesiones graves ocasionadas por siniestros de tránsito”. Por otra parte, la señalización, cuyo papel es fundamental en la seguridad vial, se define, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras (DOF, 2023), como el “conjunto integrado de marcas y señales que indican la geometría de las calles y carreteras, así como sus bifurcaciones, cruces y pasos a nivel; previenen sobre la existencia de algún peligro potencial y su naturaleza; regulan el tránsito indicando las limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de las calles y carreteras; denotan los elementos estructurales que están instalados dentro del derecho de vía; y sirven de guía para los usuarios a lo largo de sus itinerarios”. En este orden de ideas, y según la misma norma, la señalización puede ser vertical y horizontal. La primera corresponde al “conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y/o símbolos”, mientras que la segunda se refiere al “conjunto de marcas que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, con el propósito de delinear las características geométricas de las calles y carreteras, y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de peatones y vehículos, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos”, con dimensiones y formas establecidas, y forman parte indispensable del señalamiento vial.

En este contexto, el marco regulatorio establece características físicas y de desempeño con las que

debe cumplir el señalamiento, incluso las marcas en el pavimento. Estas se clasifican según su uso, de acuerdo con la NOM-034, en 11 tipos: para estacionamiento, para regular el uso de carriles, en guarniciones, en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura de emergencia para frenado, para vías ciclistas, marcas temporales, de área de espera para vehículos no motorizados y motocicletas, ceda el paso, para indicar prohibiciones y para identificar reductores de velocidad. En este artículo se tratan los materiales que se utilizan para colocar las marcas pintadas sobre el pavimento de una vía y que forman parte de su señalización horizontal, cuyo uso principalmente está destinado a regular el uso de carriles y al encauzamiento del tránsito, y cuya forma, color y desempeño están indicadas en la NOM-034 (figura 1).

Cabe mencionar que existen otros aspectos, como el tipo de pintura que se utiliza y el tiempo de vida útil esperado en el pavimento. En cuanto a su formulación, conviene considerar las resinas y pigmentos, entre otros componentes, que se utilizan en su fabricación, así como el tipo de materiales retrorreflejantes que se usen con las



Figura 1. Vista general del señalamiento horizontal y vertical de un camino.

pinturas, como son las microesferas de vidrio; dependiendo de quien contrate la colocación de las marcas, además de cumplir con la NOM-034 deberá incluir especificaciones particulares para cada tipo de proyecto de señalamiento horizontal.

Es indispensable pensar en productos amigables con el medio ambiente, libres de solventes y que eliminen de sus formulaciones los metales pesados (cromo, arsénico o plomo) que pueden formar lixiviados contaminantes para el suelo y los mantos freáticos. Por ejemplo, se recomienda que el contenido máximo de plomo sea de 0.009% o 90 mg/kg total, basado en la masa seca de la capa de pintura, de acuerdo con la Ley Modelo y Guía para la Regulación de la Pintura con Plomo, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, publicada en julio de 2018. Esto es aplicable también al cromo y al arsénico. En cuanto a las microesferas de vidrio, el fabricante debe garantizar que la presencia de plomo o arsénico en sus productos no sea mayor de 200 partes por millón en total.

Las condiciones físicas de la infraestructura vial van a influir directamente en la seguridad que se ofrece a los usuarios de una vía y en el uso eficiente de los vehículos que transitan sobre ella. Respecto a la señalización horizontal, el estado físico de las marcas viales en los pavimentos es un factor muy importante, ya que delimitan las características geométricas de vías, además de regular y canalizar el tránsito de peatones y vehículos, como lo establece la NOM-034 antes referida y, por tanto, contribuyen a la reducción de los factores de riesgo a los que se refiere la LGMSV.

Para colocar las marcas en el pavimento de una vía, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos al momento de elegir el tipo de pintura que se va a utilizar, así como las características de las microesferas de vidrio que se utilizarán junto con la pintura. Estos, en conjunto, son los materiales que integran una marca en el pavimento. Una vez seleccionado el material más adecuado, durante la obra será necesario elegir el equipo adecuado y capacitar al personal para su operación. Los equipos para la aplicación de marcas pueden ser manuales o montados en un vehículo que va a circular a una velocidad controlada en todo momento, para permitir que el caudal de pintura colocado logre los espesores deseados y que el sembrado de las microesferas sea adecuado. Por la naturaleza de los productos utilizados, existen equipos para pintura base agua, equipos para pintura termoplástica y dispositivos que se utilizan en conjunto con estos para la colocación de la microesfera de vidrio.

La colocación del material es un aspecto fundamental, pues, aun teniendo el mejor material o el mejor equipo, una inadecuada colocación –que podría incluir la aplicación de una cantidad excesiva o pobre de pintura o de microesfera de vidrio, entre otros– puede dar lugar a bajos niveles de retroreflexión, mala adherencia de la pintura al sustrato, desprendimiento de microesferas de vidrio o marcas mal delimitadas que no cumplan



Figura 2. Mala aplicación de una marca en el pavimento.

con las especificaciones de dimensionamiento, forma o color requeridos, entre otros problemas que pueden implicar gastos innecesarios o la reducción de la vida útil de las marcas o de su desempeño para la seguridad vial (figura 2).

Para la elección del tipo de pintura hay varios factores que considerar: tiempo esperado de mantenimiento o recolocación de las marcas, intensidad del tránsito o importancia de la vía, condiciones climáticas y vida útil esperada de las marcas en el pavimento, principalmente. Los tipos de pintura que se utilizan generalmente son de base agua y termoplásticas.

Pinturas base agua

Las nuevas tecnologías favorecen el uso de resinas entrecruzables que permiten la formación de enlaces entre sus cadenas moleculares; son tecnologías que han evolucionado en el tiempo y han producido materiales con buen desempeño y amplia comercialización en el país.

Las pinturas base agua también incluyen pigmentos orgánicos e inorgánicos. Es importante que estén formuladas para un secado rápido y que estén libres de metales pesados. El espesor de la película húmeda de la pintura está directamente relacionado con los componentes de su formulación. El espesor que se elija dependerá del desempeño buscado; a mayor espesor, mejor desempeño y durabilidad, pero también mayor costo inicial para su colocación y acciones de mantenimiento con periodos más espaciados.

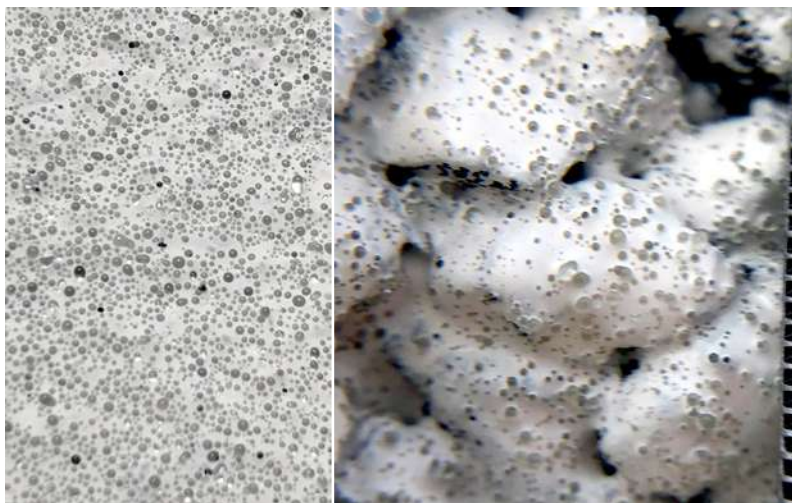


Figura 3. Microesfera en pintura termoplástica (izquierda); microesfera en pintura base agua (derecha).

► Para colocar las marcas en el pavimento de una vía, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos al momento de elegir el tipo de pintura que se va a utilizar, así como las características de las microesferas de vidrio que se utilizarán junto con la pintura. Estos, en conjunto, son los materiales que integran una marca en el pavimento. Será necesario elegir el equipo adecuado y capacitar al personal para su operación. Los equipos para la aplicación de marcas pueden ser manuales o montados en un vehículo que va a circular a una velocidad controlada en todo momento.

Estas pinturas se emplean en pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico previamente curados. Los espesores de la película húmeda dependerán de las necesidades de cada proyecto, pero pueden ir desde 0.381 hasta 0.889 milímetros.

Actualmente, el uso de pintura base solvente está en desuso debido a que no es un producto amigable con el ambiente. La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes ha descartado su uso en la construcción y conservación de la infraestructura del transporte desde 2013, a través de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (SCT, 2013).

La pintura base agua se distribuye en envases de diferentes capacidades y lista para ser utilizada.

Pinturas termoplásticas

Este tipo de pintura está fabricada con resinas sintéticas sólidas y agentes plastificantes, que juntos tienen la propiedad de aglutinar el resto de los componentes que integran la pintura termoplástica, como extendedores, pigmentos y microesferas de vidrio, los cuales, al fundirse en una mezcla homogénea, proporcionan una unión firme al sustrato sobre el cual se apliquen.

Pueden estar fabricadas con resinas alquídicas, hechas de alcoholes polihidroxi y ácidos polibásicos o sus anhídridos que contienen una resina natural resistente a los efectos de los productos derivados del petróleo, tales como los aceites y combustibles de los vehículos; también pueden estar hechas con resinas de hidrocarburo que se fabrican con mezclas de resinas derivadas del petróleo más estables al calor, pero que no son resistentes a los efectos de los productos derivados del petróleo, como los aceites y combustibles de los vehículos.

La pintura termoplástica se distribuye en polvo, envasada en sacos que generalmente pesan

25 kg; se debe calentar y fundir previamente a su utilización. Hay que considerar que este material tiene la propiedad de ser termofundente, es decir que, al bajar la temperatura a la que fueron fundidos sus componentes, se solidifica y adquiere una forma permanente (película solidificada).

El espesor de la película solidificada puede variar a partir de los 3.05 mm, es decir que, dependiendo del desempeño esperado y de la forma de aplicación, los espesores de la película solidificada pueden ser menores o mayores. Pueden aplicarse mediante aspersión, extrusión o cortina.

Durante la aplicación de la pintura termoplástica, puede ser necesaria la aplicación de un sellador acrílico que garantice la adherencia de la pintura termoplástica a la superficie del pavimento, sobre todo en sustratos porosos o muy abiertos. Generalmente son productos base solvente con copolímeros, con un espesor húmedo entre 0.051 y 0.102 mm, cuyo color puede ser negro o transparente.

Microesferas de vidrio

Existe un segundo elemento a considerar en la colocación o reposición de marcas viales. Se trata de las microesferas de vidrio que se utilizan generalmente con las pinturas para señalamiento horizontal, las cuales se obtienen través de un tratamiento del vidrio a altas temperaturas y se utilizan para lograr la retrorreflexión de las marcas en el pavimento. Existen otros materiales para la fabricación de microesferas; sin embargo, su aplicación es para desempeños más exigentes que los que se requieren en una vía, por ejemplo para las pistas de un aeropuerto.

Cuando se utilizan con pinturas base agua, las microesferas se aplican, en una primera acción simultánea, de manera integral junto con la pintura. Se trata de un "sembrado integral" al inicio de la aplicación de la pintura.



32^o CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SOSTENIBILIDAD | PLANEACIÓN | MANTENIMIENTO

Memorias disponibles
a partir del
15 de enero de 2024

<https://congresocicm.com/>



Colegio de
Ingenieros Civiles
de México A.C.



¡Gracias por tu participación!



En una siguiente acción, se “siembra” otra cantidad de microesferas sobre el sembrado integral, en un proceso que se conoce como *drop-on*, de manera que una parte de las microesferas quedan embebidas en la pintura y otras sobresalen de la superficie de la pintura, con lo cual contribuyen a la obtención de la retrorreflexión deseada. El objetivo de estas acciones es que, conforme la superficie de la marca en el pavimento se vaya desgastando con el uso, las microesferas de vidrio embebidas mediante el *drop-on* puedan aflorar y se mantenga la retrorreflexión en niveles aceptables (figura 3).

Cuando se utilizan las microesferas de vidrio con las pinturas termoplásticas, se integran durante el proceso de fundición de la pintura antes de su aplicación. La calidad de las microesferas de vidrio no se verá afectada por esta acción.

Las microesferas de vidrio cumplirán con una cierta granulometría, ya sea que se utilicen con pinturas base agua o con pinturas termoplásticas. En el primer caso, el tamaño de la microesfera puede variar de 0.150 mm (núm. 100) a 1.18 mm (malla núm. 16). La dosificación, es decir, la cantidad de microesfera de vidrio, en kilogramos sobre metro cuadrado, estará en función del espesor de película húmeda que se utilice durante su colocación. Con pinturas termoplásticas, las microesferas tendrán un tamaño que puede variar entre 0.150 mm (núm. 100) y 1.70 mm (malla núm. 12). La dosificación de las microesferas en kilogramos sobre metro cuadrado dependerá del modo de aplicación de la pintura termoplástica –aspersión, extrusión o cortina–, así como del espesor de la película solidificada.

En cuanto a las características físicas y químicas, al igual que en las pinturas, las microesferas de vidrio no deben contener materiales que provoquen lixiviados dañinos para el medio ambiente, y deben garantizar su adherencia a la pintura con la que sean utilizadas.

Almacenamiento de los materiales para la colocación de las marcas en el pavimento

Una acción relevante cuando se utiliza el tipo de productos descrito es el almacenamiento previo a su utilización. Un buen almacenamiento permitirá tener un producto en excelentes condiciones para ser aplicado.

Se recomienda que los envases donde se distribuya la pintura base agua o la pintura termoplástica lleguen al sitio de su almacenamiento o utilización en buen estado, sellados y sin indicios de adulteración, sin abolladuras, rasgaduras o derrames. Es importante almacenarlos en sitios resguardados de la lluvia o de temperaturas mayores de 45 °C, en lugares techados, bien ventilados y adoptando las medidas de seguridad e higiene correspondientes al manejo de productos tóxicos e inflamables.

El producto debe acompañarse de información completa que permita el adecuado control de calidad: nombre y dirección del fabricante, nombre y color del producto, fecha de fabricación, contenido neto y número


► La pintura termoplástica se distribuye en polvo, envasada en sacos que generalmente pesan 25 kg; se debe calentar y fundir previamente a su utilización. Hay que considerar que este material tiene la propiedad de ser termofundente, es decir que, al bajar la temperatura a la que fueron fundidos sus componentes, se solidifica y adquiere una forma permanente. El espesor de la película solidificada puede variar a partir de los 3.05 mm, es decir que, dependiendo del desempeño esperado y de la forma de aplicación, los espesores de la película solidificada pueden ser menores o mayores.

de lote, así como recomendaciones para su manejo, almacenamiento y aplicación.

La caducidad del producto es otro aspecto importante: deberá controlarse el tiempo que dure almacenado, de manera que no sobrepasen el tiempo de vida útil, su fecha de caducidad o el tiempo máximo de almacenamiento establecido en el certificado de calidad del producto entregado por el proveedor o por el fabricante.


Conclusiones

Con el señalamiento horizontal se delimitan las características geométricas de vías, se regula y canaliza el tránsito de peatones y vehículos; de ahí que su estado físico sea muy importante para cumplir adecuadamente con su función y contribuir a la seguridad de la vía. Al respecto, se consideraron, en principio, dos aspectos: el material, es decir, la pintura y la microesfera de vidrio, así como el equipo para su colocación.

Las marcas en el pavimento deben ser vistas a cualquier hora del día y de la noche, sin importar las condiciones climáticas, con claridad y buena definición, con el color, la forma y el ancho especificados en la NOM-034 aquí referida. Para la selección del material, algunos principios generales son los espesores de la película, sea húmeda o solidificada, así como de la granulometría de las microesferas de vidrio; a esto hay que añadir los requisitos físicos y químicos de los materiales, que garanticen su desempeño a lo largo de la vida útil del proyecto de señalización horizontal y que sean amigables con el medio ambiente. La elección del equipo de aplicación y de protección, así como la capacitación del personal, forma parte de las buenas prácticas para la colocación de las marcas en el pavimento 

Referencias

- Diario Oficial de la Federación, DOF (2022). Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. 17/05/2022.
- DOF (2023). NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras. 19/09/2023.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT (2013). Normativa para la Infraestructura del Transporte N-CMT-5-01-001/13.

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



Revista IC

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

Una publicación de colección y consulta permanente, realizada por profesionales de la ingeniería civil y la industria de la construcción interesados en contar con información de vanguardia.

Un foro para la difusión y la discusión de los temas técnicos, políticos, económicos y sociales vinculados al desarrollo del país.

Le estamos reservando un espacio para que pueda anunciar sus servicios y productos a nuestros lectores.

Aproveche la promoción de hasta

40%

de descuento
para
patrocinadores

Comuníquese: helios@heliosmx.org

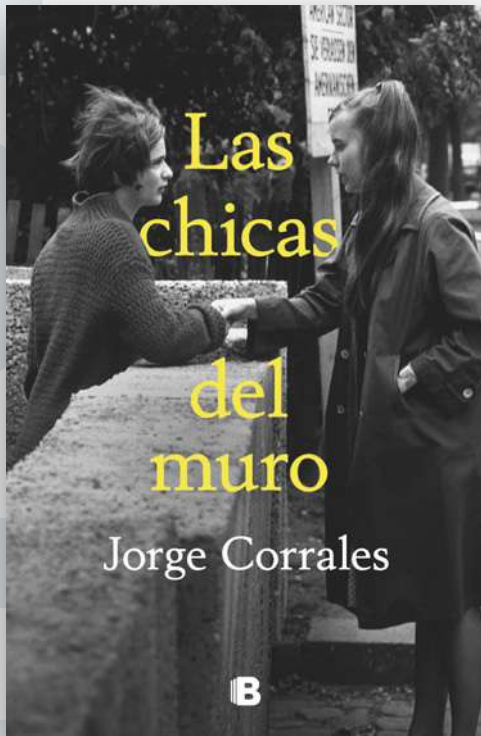
Teléfono: (55) 2976 1222



74 años

continuos de ser una publicación de vanguardia.
Una revista seria, que sirviendo a sus lectores
se convierte en un **instrumento publicitario efectivo.**


Las chicas del muro



Jorge Corrales
Ediciones B, 2023

Esta novela está basada en la historia y en la fotografía real de las chicas de Mauermädchen, que nos muestra a dos jóvenes amigas tomadas de la mano en un muro a medio construir, pero que ya separa a dos barrios. Una de las amigas se queda en el Este y la otra en el Oeste. No saben el tiempo que tardarán en volver a verse.

Tiempo después, Elena, una joven que acaba de llegar a Berlín desde Madrid, encuentra la fotografía en el museo donde realiza sus prácticas. La curiosidad la empuja a indagar sobre la verdadera historia de ese instante y sus protagonistas. ¿Qué esconden realmente? ¿Conseguirían reencontrarse? ¿Se trata de la captura de una auténtica despedida?

Las chicas del muro habla de las cicatrices de una ciudad dividida, del dolor que produce el recuerdo y el vacío que deja el olvido, así como de las amistades que nos salvan y sobreviven la distancia que pretenden imponer los muros 

2024

Abril 15 al 18

Transport Research Arena 2024

Comisión Europea y otros
Dublín, Irlanda
traconference.eu

Abril 16 al 18

12ª Conferencia internacional “Tunnel safety and ventilation”

Universidad Técnica de Graz
Graz, Austria
www.tunnel-graz.at

Abril 16 al 19

Intertraffic Amsterdam 2024

RAI Amsterdam
Ámsterdam, Países Bajos
www.intertraffic.com/amsterdam

Abril 19 al 24

World Tunnel Congress

International Tunneling
and Underground Space Association
Shenzhen, China
wtc2024.cn

Junio 10 al 14

III Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción

Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España
www2.montes.upm.es/CIMAD2024

Junio 23 al 26

2ª Conferencia Internacional e Intercambio de Pares sobre Seguridad Vial

Transportation Research Board
Orlando, Estados Unidos
trb.secure-platform.com/a/page/RoadsideSafetyConf

Junio 24 al 28

IABMAS 2024

International Association
for Bridge Maintenance and Safety
Copenhage, Dinamarca
iabmas2024.dk/

Septiembre 3 al 5

Aquatech México

RAI Ámsterdam
Ciudad de México
www.aquatechtrade.com/es/mexico

CONSTRUIMOS UN PACTO ENTRE INNOVACIÓN Y REALIDAD.



CONSTRUYE CON **ECO**Pact El Concreto Verde



100% de Desempeño



30% menos de CO₂



solucionesconcretas.com.mx



Consulta disponibilidad



Una marca de Andamios Atlas



andamios atlas
manufacturas metálicas



CONTÉN Atlas

**SOLUCIONES
PARA LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ**



CONTÁCTANOS



WWW.ANDAMIOSATLAS.COM | 55 5093 5600