CONCRETO
LATINOAMÉRICA

VOLUMEN VII | NÚMERO 10 | OCTUBRE 2026



Concreto destacado en Atlanta

El presente número de la Revista Digital Concreto Latinoamérica es un esfuerzo de los Capítulos o Secciones del American Concrete Institute (ACI) en Latinoamérica, para poner al alcance de sus miembros y afiliados los contenidos que el ACI International publica en su revista Concrete International en inglés.

Representantes de los Capítulos ACI de Latinoamérica:

Argentina
Dr. Raúl Bertero

Colombia
Dra. Nancy Torres Castellanos
Dr. Fabián Augusto Lamus Báez

Costa Rica
Ing. Minor Murillo Chacón

Ecuador Centro y Sur
Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín

Guatemala
Ing. Xiomara Sapón Roldán
Ing. Luis Álvarez Valencia

México Noreste
Dr. Alejandro Durán Herrera

México Noroeste
Ing. Raúl Alvarado Barbachano

México Centro y Sur
Mtro. Sergio Valdés Constantino

México Sureste
Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala

República Dominicana
Ing. Piero Roberto Caputo Rodríguez

Perú
Ing. José Luis Gonzales Quezada

Puerto Rico
Ing. Anabel N. Merejildo



FORTH Atlanta, con una superficie de 17,565 m² (189,065 ft²), anteriormente conocido como Overline Social Club & Hotel, se ubica junto al Atlanta BeltLine, un proyecto de regeneración urbana que conecta diversos sectores de la ciudad.

La visión del desarrollador fue crear un diseño impactante mediante la exposición de los complejos sistemas estructurales del edificio, situados por fuera de su envolvente exterior.

El sistema estructural consiste en una retícula diagonal de columnas dispuesta inmediatamente por fuera del perímetro de las losas. En la parte superior, la envolvente exterior se pliega hacia el interior, lo que aporta al diseño una marcada complejidad tridimensional.

Debido a la exposición directa de la estructura a la intemperie, las mezclas de concreto se diseñaron con pigmentación integral y un aditivo cristalino para mejorar su durabilidad.

Conozca más sobre este y otros proyectos destacados en Atlanta en el artículo 1 de ésta edición.

Los contenidos de los artículos corresponden a la traducción del inglés al español realizada por los Capítulos del ACI en Latinoamérica, y fueron originalmente publicados en la revista Concrete International correspondiente al mes de Octubre de 2026. El Instituto no se hace responsable por las declaraciones u opiniones expresadas en sus publicaciones. Las publicaciones del Instituto no pueden ni pretenden suplantar el entrenamiento técnico individual, responsabilidad o juicio del usuario o de quien provee y presenta la información. Con el propósito de difundir el conocimiento técnico del concreto, se autoriza la difusión de la presente edición a los Capítulos del ACI de habla hispana entre su membresía y grupos de interés, sin embargo, será necesaria la autorización del American Concrete Institute para reproducir total o parcialmente los contenidos de este número salvo que se hagan para uso personal o académico y sin fines comerciales. Todos los materiales originales en inglés, y contenidos en este número de Concreto Latinoamérica en español, están protegidos por las leyes de Derechos de autor y propiedad industrial, tanto nacionales como internacionales.

COMITÉ EDITORIAL

Cualquier asunto relacionado con la publicación contactarse a:
Correo: concretolatam@gmail.com
Tel: +52 81 2146 4907

Presidente del Comité Editorial:
Dr. Alejandro Durán Herrera
Presidente de la Sección Noreste de México del ACI (2024-2026)

Editor en Jefe:
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

Editores Asociados:
Dr. Lucio Guillermo López Yépez
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll
Dr. Francisco René Vázquez Leal
Dr. José Manuel Gutiérrez Moreno
Dr. Francisco David Anguiano Pérez
Dr. Aldo Emelio Landa Gómez

Asesor Técnico:
Dr. Alejandro Durán Herrera

Traducción:
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Comité de Artículos Originales
Dr. Omar Farid Ojeda Farias

Revisión Editorial:
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Administración y Logística:
Lic. Ana Durán Herrera

Dirección Creativa:
MDG. Rosa Otilia Armendaríz Solís

Diseño Gráfico:
LDI. Hannia Annett Molina Frías
LDG. Fabiola Nohemi Durán Mata

REVISORES EDITORIALES

En este número, el Comité Editorial agradece la colaboración como Revisores Editoriales a:

Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll
Dr. José Manuel Gutiérrez Moreno
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez



CONTENIDO

1 **Concreto destacado en Atlanta**

2 **Cerrando el Ciclo**

Vinculando la durabilidad en servicio con la resiliencia y la sostenibilidad mediante la definición de la vida útil y la difusión de las lecciones aprendidas

por Peter Emmons, David Whitmore y Lesley Ko

3 **Concreto con agua salada: estrategia de protección contra la corrosión para plantas de producción**

por Ahmed Elsayed Ahmed y Antonio Nanni

4 **Revisiones recientes significativas de las normas sobre cemento y concreto**

por Eric R. Giannini y Colin L. Lobo

5 **Constructibilidad del Concreto: Principales Hallazgos de una nueva encuesta**

Identificación de problemas de constructibilidad antes de que lleguen a la obra

por Michelle Calcagno y Phil Diekemper

6 Asociación Americana de Contratistas de Concreto
Juntas de expansión en estructruras de concreto

Declaración # 51

7 Concreto: Preguntas y Respuestas
Sostenibilidad y Resiliencia

CONCRETO
LATINOAMÉRICA

Convocatoria

Incluye tu artículo de investigación
y caso de estudio en nuestra revista.
¡Publicar es muy fácil!

Descarga la
Guía de Publicación

Llena la
Carta de Solicitud

Una vez lista y firmada tu solicitud,
envíala por correo al **concretolatam@gmail.com**

Tu solicitud y artículo serán evaluados
para su publicación.

01

Concreto destacado en Atlanta

La comunidad del concreto se reunirá para la Convención del American Concrete Institute (ACI) del 11 al 14 de octubre de 2026, en el hotel Hilton Atlanta, en Atlanta, Georgia, Estados Unidos. Las convenciones del ACI brindan una oportunidad para reconocer las contribuciones de los miembros del Capítulo local del ACI y de otras entidades al diseño, la construcción y la preservación de numerosos proyectos destacados de concreto.

A continuación, se describen algunos proyectos de la zona de Atlanta:

Englewood South

Este proyecto de obras exteriores incorporó banquetas de concreto, guarniciones, muros de contención, cimentaciones, relleno de bloques de mampostería y una estructura de observación, todos diseñados para crear un entorno de un parque exterior integrado. Todas las superficies de concreto se colaron para cumplir requisitos estrictos de alineación, calidad del acabado y desempeño estético. Además, las superficies de concreto se diseñaron para integrarse con el paisaje circundante, soportar un tránsito peatonal intenso, garantizar un drenaje adecuado del sitio y proporcionar detalles precisos de las conexiones estructurales.

La escala y variedad de los trabajos de concreto se ejecutaron en condiciones climáticas difíciles al aire libre y requirieron un programa de trabajo exigente, eficiente y flexible. El contratista de concreto minimizó los tiempos de inactividad, mitigó los efectos sobre los costos, y terminó los trabajos a tiempo, mediante una secuenciación eficiente de las actividades de concreto, y la continuación de los trabajos en áreas alternativas, cuando el clima o las condiciones del sitio limitaban el avance en algunas zonas. La protección de los trabajos de concreto previamente ejecutados, la planificación anticipada y los métodos de construcción adaptables, ayudaron a limitar los costos generales de mano de obra y equipo.

Los diseños de mezcla de concreto apoyaron en una amplia gama de aplicaciones. Se diseñaron para proporcionar la resistencia, la trabajabilidad y la durabilidad requeridas tanto para los colados estructurales como para los de elementos planos, incluidas las zonas expuestas a la humedad y a condiciones ambientales variables. Los métodos de colocación y acabado se ajustaron a cada aplicación, garantizando una calidad y un desempeño constante.

Créditos del proyecto: Atlanta Housing, propietario; KAI Design, arquitecto; Sykes Consulting, Inc., ingeniero; Choate Construction, contratista; Greater Georgia Concrete LLC, contratista de concreto; y Thomas Concrete, Inc., proveedor de concreto.



Englewood South.

Torre de oficinas Midtown Union

La torre de oficinas Midtown Union, de 26 pisos, es un espacio de trabajo de Clase AA con certificación LEED que constituye un elemento central del desarrollo de uso mixto de Midtown Atlanta. El nuevo desarrollo ocupa casi una manzana completa e incluye un hotel, oficinas, locales comerciales y espacios residenciales. La torre presenta columnas de concreto expuesto en forma de V a nivel de planta baja, una fachada inclinada de vidrio, un área de amenidades al aire libre en el octavo piso y un paseo peatonal que atraviesa la zona comercial.

La estructura de marcos de concreto del edificio incluye:

- Columnas de concreto en forma de V, con esquinas redondeadas, resistencia de 69 MPa (10,000 psi) y acabado de Clase A;
- Losas convencionales de concreto reforzado de 127 mm (5 pulg) de espesor;

- Losas postensadas de 178 mm (7 pulg) de espesor; y
- Vigas tipo junior y trabes de transferencia postensadas de 533 mm (21 pulg) de peralte.

La mayor parte de las 61,000 m³ (80,000 yd³) de concreto utilizadas en este proyecto correspondió a una mezcla ternaria de cemento portland, cemento de escoria y ceniza volante, diseñada para ser autocompactable.

Todas las mezclas se dosificaron mediante un sistema de secuestro de carbono para reducir la huella total de carbono incorporado de esta estructura de gran magnitud.

Créditos del proyecto: Granite Properties, propietario; Cooper Carry, arquitecto; Uzun + Case, LLC, ingeniero; Brasfield & Gorrie, contratista y contratista de concreto; y Thomas Concrete, Inc., proveedor de concreto.



Torre de oficinas Midtown Union.

Modera Parkside Atlanta

Modera Parkside, un edificio de departamentos de 32 pisos se encuentra en la intersección de Piedmont Avenue y 10th Street. Con 361 unidades y locales comerciales en la planta baja, este edificio residencial de concreto combina un diseño atemporal con una funcionalidad moderna. Para este proyecto se seleccionó una estructura de marcos de concreto, lo que permitió reducir el plazo de construcción y los costos de ejecución, obtener una estructura durable y estéticamente atractiva, y prever menores costos de mantenimiento.

Créditos del proyecto: Mill Creek Residential, propietario, contratista y contratista de concreto; Gresham Smith, arquitecto; TCE & Associates, Inc., ingeniero; y QUIKRETE Ready Mix, proveedor de concreto.



Modera Parkside Atlanta

FORTH Atlanta

FORTH Atlanta, de 17,565 m² (189,065 ft²), anteriormente conocido como Overline Social Club & Hotel, se encuentra sobre el Atlanta Beltline, justo al sur de North Avenue, en el número 760 de Ralph McGill Blvd. La visión del desarrollador consistía en crear un diseño impactante y llamativo. Esto se logró al mostrar los complejos sistemas estructurales del edificio por fuera de su envolvente exterior.

La construcción de los tres niveles subterráneos comenzó con muros de contención mediante pilotes de perfil H, entibado y clavado en el suelo, seguidos por columnas cimentadas sobre pilas perforadas apoyadas en roca. El muro de cortante interior del edificio atraviesa todos los niveles y se apoya en una losa de cimentación de concreto. Los dos niveles subterráneos siguientes, situados por encima, cuentan con losas planas postensadas. Las demás losas sobre el nivel del terreno combinan refuerzo convencional y losas de concreto postensado sobre vigas de concreto, así como trabes postensadas de gran claro en las zonas críticas sometidas a cargas elevadas.

El sistema exterior de soporte estructural consiste en una estructura de columnas en retícula diagonal, o "diagrid", de apariencia llamativa, colocada justo por fuera del borde de la losa para expresar mejor la forma de la retícula. El revestimiento exterior del edificio se pliega hacia el interior en la parte superior e inferior de las esquinas de la retícula diagonal para aportar complejidad tridimensional (3-D) al diseño.

La complejidad de las columnas diagonales exteriores requirió tres diseños distintos de las plantas de losa, ya que las columnas se conectaban con las losas en ubicaciones diferentes en cada planta. Además, los niveles superiores e inferiores eran considerablemente distintos debido al plegado hacia el interior de las esquinas de las plantas de losa, y cada cuatro niveles se dispusieron voladizos de 5 m (16 pies) en ambas direcciones en cada esquina del edificio.

La intención del diseño arquitectónico era que el acabado de la retícula diagonal fuera de concreto expuesto. Debido a que tanto las columnas como los bordes de las losas quedarían expuestos, las mezclas de concreto se diseñaron con color integral y un aditivo cristalino para atender los aspectos de durabilidad y exposición a la intemperie. Esta mezcla especial permitió utilizar concreto convencional en los elementos interiores.

Créditos del proyecto: New City Properties, propietario; HKS Inc. y Morris Adjmi Architects, arquitectos; Uzun + Case, LLC, ingeniero; Brasfield & Gorrie, contratista y contratista de concreto; y Thomas Concrete, Inc., proveedor de concreto.



FORTH Atlanta

Terminal de transporte de carga de Saia LTL

Saia LTL Freight adquirió aproximadamente 27 ha (66 acres) en Buford, Georgia, para construir unas nuevas instalaciones de taller y terminal de transporte de carga en varias fases. La primera fase de este proyecto consistió en un edificio de oficinas de dos pisos y 900 m² (10,000 ft²), un andén de carga de 6,000 m² (64,000 ft²), un taller de 1,300 m² (14,000 ft²) con 10 bahías de servicio, un área de almacenamiento de refacciones y un centro de servicios para empleados. Entre las principales características de esta terminal independiente se encuentran 153 puertas de andenes de carga, un taller de mantenimiento con servicio completo y una estación de abastecimiento rápido de combustible.

Se realizaron inversiones en tecnología, seguridad y sostenibilidad en el sitio, incluidas la iluminación mediante diodos emisores de luz (LED) y la xerojardinería (Jardinería de bajo consumo de agua). Además, este proyecto incorporó nuevos paneles solares diseñados para compensar el 100% del consumo de energía de la terminal.

Con planes de emplear a aproximadamente 200 integrantes del equipo en estas instalaciones, Saia solicitó al equipo del proyecto desarrollar un diseño de edificio semiprototípico (parcialmente estandarizado) que transmitiera un mensaje a sus empleados y expresara el lado creativo de Saia al público en general. Esto se logró mediante una combinación estética exterior de muros de concreto pintado construidos con el sistema "tilt-up" y paneles metálicos, para transmitir una imagen audaz y moderna.

Uno de los desafíos del proyecto fue la enorme cantidad de trabajos de preparación del sitio que debieron ejecutarse antes de que pudiera comenzar cualquier trabajo de concreto. La losa sobre el terreno del edificio principal utilizó más de 1,500 m³ (2,000 yd³) de concreto de 24 MPa (3,500 psi), mientras que el pavimento exterior utilizó más de 4,600 m³ (6,000 yd³) de una mezcla modificada de concreto de 28 MPa (4,000 psi).

Créditos del proyecto: Saia LTL Trucking, propietario; The Mollenkopf Design Group, LLC, arquitecto; WMD Engineering Consultants, Inc., ingeniero; Chase Construction Group, contratista; T & M Tilt-Up, Inc., contratista de concreto; y Ernst Concrete, proveedor de concreto.



Terminal de transporte de carga de Saia LTL

Centro de capacitación y despacho de flota

Martin Concrete Construction estableció un edificio principal de mantenimiento de su flota de equipos y unas nuevas instalaciones de capacitación en seguridad para empleados, con una superficie de 2,022 m² (21,760 ft²), en Austell, Georgia. Las nuevas instalaciones comprenden dos niveles; la planta baja cuenta con cuatro bahías cerradas de grandes dimensiones para equipos, una grúa puente para equipos, una fosa subterránea de mantenimiento y una amplia bahía exterior cubierta para mantenimiento. El segundo piso del edificio

ofrece espacios de oficinas para las cinco empresas subsidiarias de Martin Concrete, así como una amplia área abierta de capacitación.

La construcción de concreto del edificio requirió 27 paneles "tilt-up", cada uno conectado directamente a la cimentación. Las limitaciones de espacio del sitio exigieron construir los paneles en camas de colado superpuestas y realizar dos movilizaciones independientes de grúa para su montaje. Se prestó especial atención a la creación de superficies de concreto expuesto prácticamente perfectas, ya que este era el acabado arquitectónico principal en todo el edificio.

Otras características de concreto incluyen una losa sobre el terreno de 300 mm (12 pulg) de espesor, reforzada integralmente con fibras de acero; una losa compuesta de entrepiso, de dos capas con aislamiento, sobre lámina metálica; pisos de concreto pulido; y pavimentos exteriores de concreto para servicio pesado de 460 mm (12 y 18 pulg) de espesor.

Créditos del proyecto: Martin Concrete Construction, propietario y contratista; Atlas Collaborative, arquitecto; Haines Gipson & Associates, Inc., ingeniero; y Walker Concrete, Inc., proveedor de concreto.



Centro de capacitación y despacho de flota.

Trilith LIVE

La ampliación de Trilith LIVE en Fayetteville, Georgia, representa un ambicioso desarrollo de entretenimiento sustentado en el uso del concreto en el sureste de Estados Unidos. Este complejo de entretenimiento de 3 ha (7 acres), cuyos elementos principales son edificios de oficinas para el sector creativo, foros de filmación insonorizados de gran formato, un auditorio de 1,800 asientos y una estructura de estacionamiento de concreto colado en sitio, muestra una extraordinaria calidad de ejecución del concreto, complejidad de ingeniería y precisión constructiva.

El concreto está presente en todos los aspectos de la construcción, desde cimentaciones sumamente sólidas y concreto colado en sitio hasta pisos de concreto expuesto y pulido, acabados arquitectónicos de concreto interiores y exteriores de apariencia cálida y natural, y paneles de muros de concreto construidos mediante el sistema "tilt-up". En su conjunto, este proyecto consumió más de 27,000 m³ (35,000 yd³) de concreto premezclado, 2,400 toneladas métricas (2,600 toneladas cortas) de acero de refuerzo y 142,200 kg (313,500 lbs) de cable de acero postensado.

El elemento central del desarrollo fue un auditorio con un sistema estructural híbrido que incluía una estructura de acero de gran claro anclada mediante un núcleo de concreto colado en sitio. Las instalaciones se diseñaron para ofrecer prestaciones acústicas avanzadas, control de vibraciones y capacidad para soportar cargas elevadas durante eventos en vivo. Un hito importante de la construcción se alcanzó con la colocación del escenario principal, una armadura de acero de 34 m (110 pies) de longitud y 49,000 kg (107,000 lb) de peso, una maniobra de precisión que requirió una alineación exacta entre los sistemas de concreto y acero. El nuevo auditorio tiene capacidad para hasta 1,800 asistentes y ahora constituye un elemento central de un complejo que incluye un cine de lujo con nueve salas, dos estudios de filmación con público en vivo, una plaza exterior y una estructura de estacionamiento de concreto.

Créditos del proyecto: FSRE-Trilith Studios, LLC, propietario; NELSON Worldwide, LLC, arquitecto; Willett Engineering Company y Uzun + Case, LLC, ingenieros; Holder Construction, contratista; Precision Concrete Construction, Inc., contratista de concreto; y QUIKRETE Ready Mix, proveedor de concreto.



Trilith LIVE

Pavimentación de Yancey CAT

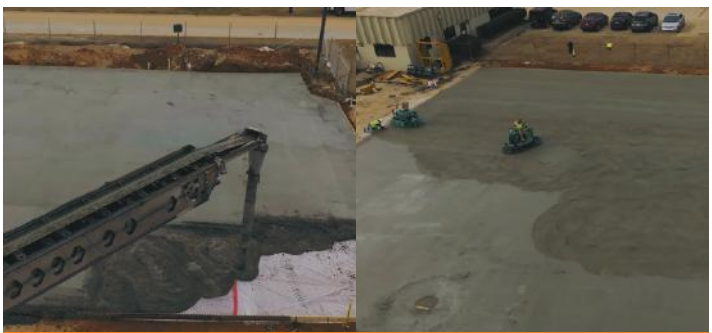
El principal distribuidor de CAT® en Georgia, Yancey Bros. Co., seleccionó MEGASLAB® para la ampliación de 8,700 m² (94,000 ft²) de su estacionamiento, ubicado en Lee Industrial Blvd., en Austell, Georgia. Esta nueva ampliación será un patio de almacenamiento y preparación para sus equipos más grandes de movimiento de tierras con orugas de acero.

El diseño MEGASLAB® benefició al proyecto de las siguientes maneras:

- Eliminó 2,840 m lineales (9,315 pies) de juntas de control aserradas;
- Aumentó la separación entre juntas blindadas a 37 m (120 pies);
- Eliminó 132 toneladas métricas (145 toneladas cortas) de barras de refuerzo;
- Redujo el volumen total de concreto en 670 m³ (870 yd³);
- Eliminó 4,232 toneladas métricas (4,655 toneladas cortas) de subbase de material pétreo; y
- Redujo aproximadamente un 75% el CO_2 incorporado total del proyecto.

Las resistencias medidas del concreto utilizado superaron los 55 MPa (8,000 psi) a compresión y los 8 MPa (1,100 psi) a flexión.

Créditos del proyecto: Yancey Bros. Co., propietario; Kimley-Horn and Associates, Inc., arquitecto; Sheridan Construction, contratista; Sinclair Construction Group, contratista de concreto; y Thomas Concrete, Inc., proveedor de concreto.



Pavimentación Yancey CAT.

Agradecimientos

Se agradece a Anne Werner, del Comité 124 del ACI, Estética del Concreto; al Capítulo de Georgia del ACI; y a Wayne Wilson por recopilar esta información.

Título original en inglés:
Notable Concrete in Atlanta

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo México Noroeste



Traducción:
Alumno Emiliano Martínez Villalobos



Revisión Técnica:
Ing. Oscar Ramírez Arvizu

02

Cerrando el Ciclo

Vinculando la durabilidad en servicio con la resiliencia y la sostenibilidad mediante la definición de la vida útil y la difusión de las lecciones aprendidas

por Peter Emmons, David Whitmore y Lesley Ko

El concreto es un material de construcción resistente que puede proporcionar entre 50 y más de 200 años de vida útil cuando se diseña, construye y mantiene adecuadamente. Sin embargo, una fracción significativa del inventario de concreto en Norteamérica no llega ni siquiera a expectativas moderadas de vida útil, particularmente en ambientes expuestos a sales de deshielo o cloruros marinos (Fig. 1). El ciclo resultante de reparaciones prematuras, rehabilitación y, en casos extremos, demolición y reemplazo, impone costos económicos, ambientales y sociales altos y, en gran parte, evitables.



Fig. 1: Descascaramiento causado por la corrosión del refuerzo embebido. Aún con capas de estuco y pintura, los cloruros penetran hasta el acero

Se estima que el costo de reparación, protección y reforzamiento del concreto en Norteamérica es de 65 mil millones de USD por año[1]. Una parte sustancial de este gasto es reactiva —impulsada por estructuras diseñadas y construidas sin objetivos explícitos de durabilidad basados en la vida útil. En estructuras de estacionamiento, losas de puentes y edificios costeros, la corrosión del refuerzo inducida por cloruros sigue siendo el mecanismo dominante de deterioro. Cuando estas estructuras requieren una intervención importante décadas antes de lo necesario, el carbono incorporado en la construcción original se pierde efectivamente, se consumen nuevos materiales y energía, y los propietarios y el público experimentan interrupciones, riesgos de seguridad y cargas financieras.

Este artículo presenta tres proposiciones relacionadas:

1. La durabilidad de una estructura en servicio es la medida práctica tanto de la resiliencia como de la sostenibilidad;
2. Diseñar y construir para una vida útil definida, de moderada a larga, es inherentemente más sostenible que optimizar únicamente el costo inicial; y
3. La industria de la reparación posee un cuerpo único de conocimiento práctico de campo que, si se captura de manera sistemática y se retroalimenta en la práctica de diseño y construcción, puede reducir la incidencia de fallas prematuras en futuras estructuras.

P+Ex: el Centro de Excelencia para la Preservación del Concreto y la Extensión de la Vida Útil, una organización sin fines de lucro, se estableció precisamente para cerrar ese ciclo de retroalimentación y para promover la preservación y extensión de la vida útil del concreto como estrategia de sostenibilidad.

Durabilidad en Servicio: La Verdadera Medida de la Resiliencia y la Sostenibilidad

La resiliencia a menudo se discute en términos de la respuesta estructural ante eventos extremos: terremotos, huracanes o impactos. Sin embargo, para la gran mayoría de las estructuras de concreto, la prueba más constante de resiliencia es la capacidad de mantenerse funcional y segura frente a los desafíos crónicos del entorno de servicio. Un estacionamiento de concreto diseñado considerando características de durabilidad, y luego mantenido adecuadamente, seguirá siendo resiliente y continuará resistiendo las cargas impuestas por desastres naturales o causados por el hombre durante su vida útil, que podría alcanzar de 50 a 75 años o más. La misma lógica se aplica

a edificios costeros, instalaciones frente al mar y losas de puentes expuestas a cloruros marinos o de deshielo.

La sostenibilidad es consecuencia directa de un diseño adecuado por durabilidad. La estructura de concreto más sostenible suele ser la que ya está construida y sigue en funcionamiento. Extender la vida útil del concreto existente preserva el carbono incorporado y la inversión en materiales ya realizada; evita las emisiones asociadas con la demolición y la nueva construcción; y reduce la demanda de agregados, cemento y acero de refuerzo recién producidos. En entornos agresivos, las estructuras que alcanzan su vida útil prevista sin intervenciones mayores e imprevistas demuestran que la durabilidad, la resiliencia y la sostenibilidad no son objetivos que compiten entre sí, sino los mismos objetivos vistos desde diferentes perspectivas.

Por el contrario, las estructuras que se deterioran prematuramente obligan a la sociedad a pagar tres veces por un mismo activo construido: una por la construcción original; otra por el ciclo de reparación acelerado; y una tercera por la pérdida de servicio, la interrupción y el carbono adicional. Cerrar esta brecha requiere un mejor diseño inicial para la vida útil y una mayor incorporación de las lecciones aprendidas por la industria de la reparación en campo.

El Costo Creciente de las Fallas Prematuras

La "Ley de los Cincos" de De Sitter[2], presentada originalmente a principios de la década de 1980 en el contexto de la optimización de la vida útil, ofrece una poderosa ilustración económica. Los costos de intervención aumentan exponencialmente, por un factor aproximado de cinco, a medida que el deterioro avanza por las fases sucesivas: I) diseño por durabilidad y construcción; II) mantenimiento y cuidado rutinario; III) reparación de daños; y IV) renovación mayor o reemplazo. En forma simplificada, 1 USD invertido en medidas de durabilidad en la Fase I puede equivaler a 5 USD en mantenimiento en la Fase II, 25 USD en reparación en la Fase III y 125 USD en renovación en la Fase IV.

P+Ex ha adaptado este principio como "P+Ex[5]" para comunicar la lógica financiera de invertir y actuar temprano. El mensaje no es que los multiplicadores sean exactos para cada proyecto, sino que la dirección de la escalada es consistente y suficientemente grande como para exigir la atención de propietarios, diseñadores y entidades públicas. Cuando una estructura de estacionamiento, un puente o un condominio costero llega a la fase de renovación décadas antes de lo necesario, los multiplicadores económicos y de carbono se vuelven reales (Fig. 2).

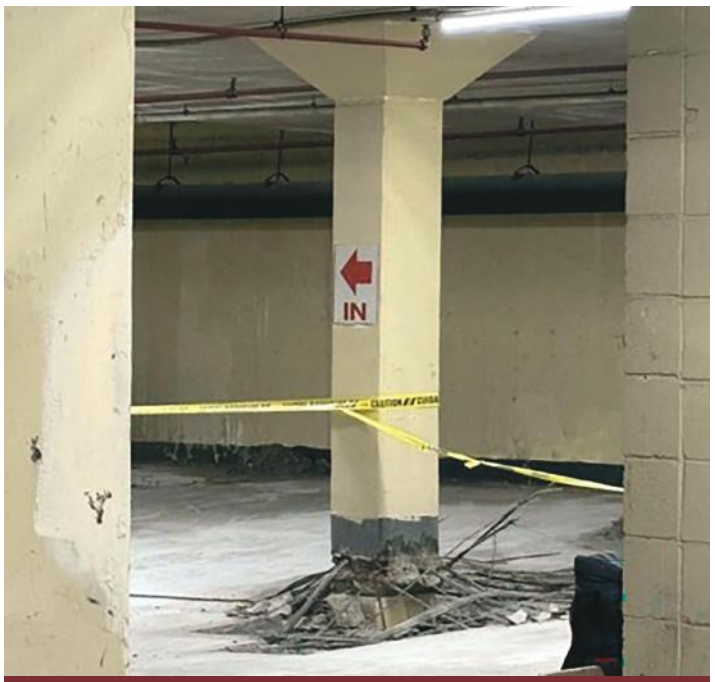


Fig. 2: Daño por corrosión del acero alrededor de una columna que provoca falla por punzonamiento de una losa. ¿Habría ocurrido esto si se hubiera usado una membrana elastomérica de barrera para tráfico y cloruros durante toda la vida de la estructura? El Código Canadiense de Parqueaderos (CSA)[3] exige, de forma prescriptiva, que los tableros de estacionamiento cuenten con una membrana elastomérica. El costo inicial de instalar dicha membrana impermeable sería una fracción pequeña del costo de reparar un daño como este.

Por lo tanto, la cifra anual de 65 mil millones de USD en costos de reparación en Norteamérica no es simplemente una estadística del tamaño del mercado. Es, en buena parte, la consecuencia acumulada de estructuras que entraron en servicio sin objetivos adecuados de vida útil y sin los detalles de protección, recubrimientos, controles de permeabilidad y sistemas de impermeabilización requeridos en entornos agresivos. Reducir la fracción de ese gasto que es reactiva, en lugar de planificada, es tanto un imperativo financiero como ambiental.

Fundación de P+Ex

P+Ex se fundó con una misión: "Impulsar la conciencia global, la educación, las herramientas y las acciones para preservar y extender la vida útil de las estructuras de concreto y asegurar un entorno construido sostenible"[4]. Su premisa fundacional es sencilla: una vez construida, una estructura de concreto puede permanecer en servicio

indefinidamente si se mantiene adecuadamente y, cuando sea necesario, se repara con mecanismos que detengan el deterioro en lugar de solo enmascarar los síntomas. P+Ex considera que la estructura de concreto más sostenible y de menor huella de carbono suele ser la que ya está en pie.

Los objetivos estratégicos de P+Ex incluyen:

- Resaltar los beneficios sociales de una mayor vida útil, tanto en estructuras nuevas como existentes;
- Desarrollar estrategias que conserven los recursos naturales y reduzcan los impactos ambientales mediante una gestión adecuada de los activos de concreto;
- Crear conciencia sobre el impacto financiero del diseño por durabilidad y la extensión de la vida útil;
- Promover la gestión responsable del entorno construido de concreto;
- Servir como centro de conocimiento sobre herramientas y técnicas para extender la vida útil; y
- Publicar informes periódicos de sostenibilidad sobre los esfuerzos de la industria de la reparación y establecer nuevos objetivos según sea necesario[5].

P+Ex trabaja con propietarios, diseñadores, contratistas, proveedores de materiales y organismos normativos para mejorar la vida útil de las estructuras de concreto nuevas, y para reparar y extender la vida útil de las existentes. Se considera a todas las partes interesadas con el fin de minimizar los impactos financieros, sociales y ambientales de crear y mantener una infraestructura de concreto saludable.

Cerrando el Ciclo de Retroalimentación: Lecciones Aprendidas de la Reparación del Concreto

Un papel distintivo y esencial de P+Ex es el apoyo mediante la transferencia de conocimiento. La industria de la reparación enfrenta, diagnostica y remedia a diario las consecuencias de decisiones de diseño y construcción anteriores. Esa experiencia de campo contiene la evidencia más confiable sobre qué funciona, qué falla y por qué. Sin embargo, históricamente esas lecciones han permanecido en gran medida dentro de la comunidad de la reparación, en lugar de fluir sistemáticamente hacia el diseño de nuevas estructuras, la evolución de normas, prácticas y reglamentos, y la formación de la próxima generación de ingenieros y propietarios.

El Objetivo 4 de P+Ex formaliza el cierre de este ciclo de retroalimentación (Fig. 3). Las lecciones extraídas de los proyectos de reparación —causas de las fallas del concreto, estrategias comprobadas de prevención para nuevos diseños y construcciones, enfoques de diseño por durabilidad y vida útil, y prácticas eficaces de cuidado y mantenimiento— tienen como fin mejorar el desempeño de las futuras estructuras de concreto.



Fig. 3: Objetivo 4 de P+Ex — Apoyo: cierre del ciclo de retroalimentación mediante la transferencia de conocimiento de la industria de reparación. Las lecciones aprendidas en reparaciones de campo mejoran el desempeño de las estructuras de concreto, los códigos y normas, y la toma de decisiones de propietarios e ingenieros.

Este modelo es deliberadamente análogo a la primera iniciativa de estandarización de la industria de reparación de concreto, conocida como Vision 2020[6]. Publicada en 2006 bajo la facilitación del Consejo de Desarrollo Estratégico (Strategic Development Council, SDC) de la Fundación ACI, Visión 2020 estableció un conjunto de objetivos para mejorar la eficiencia, seguridad, calidad y sostenibilidad de la industria de reparación, protección y reforzamiento del concreto. Uno de sus objetivos centrales era crear un reglamento de diseño para reparaciones. En ese momento, muchas reparaciones estaban fallando en servicio. El conocimiento acumulado de los profesionales más experimentados existía en gran medida como saber transmitido informalmente a través de la experiencia en proyectos, y no mediante un documento consensuado y accesible. No existía una forma confiable para que los profesionales

del diseño que ingresaban al medio —o incluso los profesionales experimentados fuera de un círculo relativamente pequeño— comprendieran y aplicaran el mejor criterio en evaluación, diseño y detallado de reparaciones. Visión 2020 reconoció esta brecha y convirtió el desarrollo de un reglamento de reparación/rehabilitación en una alta prioridad, precisamente para capturar, estandarizar y poner a disposición el conocimiento de los profesionales experimentados en reparación. Ese objetivo se concretó con la publicación del Código ACI-562, "Requisitos de código para la evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto existentes"[7] publicado por primera vez en 2013 y actualizado posteriormente en los ciclos regulares de revisión del ACI cada 3 años.

El Código ACI-562 tomó el conocimiento práctico, antes confinado a empresas y equipos de proyecto individuales, y lo convirtió en un estándar consensuado que cualquiera podía consultar y usar. En efecto, creó un ciclo de retroalimentación dentro de la propia industria de la reparación. Gracias al desarrollo e implementación de este código, hoy, más de 13 años después de su primera publicación, los aspectos de diseño de la reparación del concreto han mejorado considerablemente. P+Ex busca aplicar ese mismo enfoque disciplinado al problema previo: asegurar que el conocimiento adquirido en la reparación se devuelva de manera sistemática al diseño y la construcción de nuevas estructuras, de modo que menos estructuras requieran reparaciones mayores en primer lugar.

El paralelismo es instructivo. Visión 2020 creó un ciclo de retroalimentación que mejoró la calidad y consistencia del diseño de reparaciones al poner el conocimiento de profesionales experimentados a disposición de toda la industria mediante el Código ACI-562. El ciclo de retroalimentación de P+Ex aborda las causas raíz previas que generan la necesidad de reparación en primer lugar. Juntos, ambos forman un ciclo de mejora continua para toda la vida de las estructuras de concreto, desde el concepto hasta la gestión a largo plazo.

Implicaciones para el Nuevo Diseño y la Construcción

Si el ciclo de retroalimentación funciona como se pretende, varios cambios prácticos se vuelven más probables:

- Los objetivos de vida útil definidos se vuelven rutinarios en los pliegos de proyecto y las especificaciones de estructuras expuestas a cloruros, ciclos de congelamiento y deshielo, u otros agentes agresivos;
- El diseño y los detalles por durabilidad —recubrimiento adecuado, concreto de baja permeabilidad, sistemas eficaces de impermeabilización y juntas, y refuerzo resistente a la corrosión cuando se requiera— reciben la misma atención que la resistencia y la constructibilidad;
- Los costos de ciclo de vida y la contabilidad de carbono se utilizan junto con las comparaciones de costo inicial, de modo que las consecuencias a largo plazo de las decisiones de durabilidad sean visibles para los propietarios; y
- La experiencia de reparación se trata como una fuente de datos primaria para los comités de reglamentos y normas, las guías de materiales y los planes de estudio universitarios, en lugar de como conocimiento de proyecto que permanece aislado.

Ninguno de estos pasos requiere nueva ciencia fundamental. Los materiales, detalles y métodos de evaluación ya existen. Lo que ha hecho falta es el mecanismo institucional que traduzca de manera consistente el desempeño en campo a la práctica de diseño. P+Ex existe para proporcionar ese mecanismo.

Conclusiones

La durabilidad en servicio es la expresión más clara, tanto de la resiliencia como de la sostenibilidad, en las estructuras de concreto. En entornos agresivos, como estacionamientos expuestos a sales, puentes y edificios costeros, las estructuras que perduran sin intervenciones mayores e imprevistas son las que ofrecen el menor costo de ciclo de vida, la menor interrupción y la menor carga adicional de carbono; en pocas palabras, son las más sostenibles y resilientes. Los 65 mil millones de USD que se gastan anualmente en reparaciones en Norteamérica incluyen un componente importante de costo evitable, impulsado por fallas prematuras. Por ello, diseñar y construir para una vida útil definida,

de moderada a larga, no es un lujo opcional, sino la base racional para crear un entorno construido sostenible.

P+Ex y su filosofía avanzan esa línea base. A través del apoyo a la industria, la educación, la captura de conocimiento y la colaboración con múltiples actores, busca asegurar que las nuevas estructuras de concreto cuenten con una vida útil inicial adecuada y que las estructuras reparadas sumen una vida útil adicional significativa, siempre con el objetivo de minimizar el impacto financiero, social y ambiental. Cerrar el ciclo de retroalimentación es central en su misión: tomar las lecciones, duramente aprendidas, de la industria de la reparación y transmitirlas hacia adelante, para que la próxima generación de estructuras tenga un mejor desempeño desde el inicio. El precedente de Visión 2020 y el Código ACI-562 —donde el conocimiento práctico se plasmó en un reglamento consensuado y la calidad del diseño de reparaciones mejoró de manera medible— demuestra que un esfuerzo a escala de toda la industria puede tener éxito.

P+Ex busca ampliar su red de colaboradores para desarrollar estrategias de gestión de activos de concreto. A medida que la industria avanza, P+Ex desempeñará un papel clave en extender la vida de las estructuras de concreto, conservar recursos y promover la sostenibilidad. La organización busca expertos de la industria que se sumen a su llamado a la acción e impulsen cambios significativos en el diseño y la reparación. La oportunidad, hoy, es aplicar el conocimiento y la disciplina adquiridos desde la etapa inicial, donde todavía pueden capturarse las mayores ganancias a largo plazo en durabilidad, resiliencia y sostenibilidad.

Seleccionado por los editores por su interés para el lector.

Referencias

1. 1. P+Ex, “P+Ex Strategic Plan Progress Update,” presented at ICRI Fall Convention, Oct. 2025, www.pexcoe.org/resources. (last accessed Sept. 10, 2026)
2. 2. de Sitter, W R., “Costs of Service Life Optimization—The Law of Fives,” Proceedings of the CEB-RILEM Workshop on Durability of Concrete Structures, Copenhagen, Denmark, 1984, pp. 131-134.
3. 3. CSA S413:21, “Canadian Standard for Parking Structures,” CSA Group, Toronto, ON, Canada, 2021, 143 pp.
4. 4. P+Ex, “About P+Ex,” 2026, www.pexcoe.org/about-pex. (last accessed Aug. 31, 2026)
5. 5. P+Ex, “Strategic Plan,” www.pexcoe.org/strategic-plan. (last accessed Aug. 31, 2026)
6. 6. Strategic Development Council, “Vision 2020: A Vision for the Concrete Repair, Protection and Strengthening Industry,” Version 1.0, ACI Foundation, Farmington Hills, MI, June 2006.
7. 7. ACI Committee 562, “Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-562-25),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 134 pp.

Peter Emmons, miembro honorario del ACI, es presidente de Structural Technologies y cofundador de P+Ex. Tiene más de cinco décadas de experiencia en reparación, protección y reforzamiento del concreto. Anteriormente se desempeñó como presidente del Consejo de Desarrollo Estratégico de la Fundación ACI durante el desarrollo de Visión 2020.



David Whitmore, FACI, es fundador y presidente de Vector Corrosion Technologies y cofundador de P+Ex. Es un líder de larga trayectoria en la industria de reparación y protección del concreto y ha participado activamente en iniciativas del sector para mejorar la durabilidad, la calidad y la sostenibilidad de las prácticas de reparación del concreto. Continúa promoviendo la extensión de la vida útil como estrategia central de sostenibilidad.



Lesley Ko, miembro del ACI, es directora ejecutiva de P+Ex. Lidera los esfuerzos de la organización en materia de concientización, educación, herramientas y colaboración entre múltiples partes interesadas para preservar y extender la vida útil de las estructuras de concreto.



Bekaert

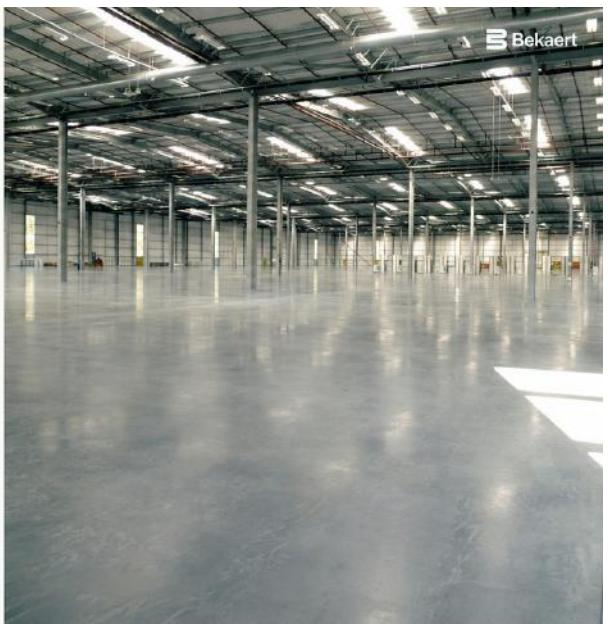
Líderes del refuerzo en México.

En **Bekaert Trade México**, no solo ofrecemos productos: brindamos soporte técnico, capacitación y disponibilidad inmediata para cada obra. Nuestra infraestructura nacional garantiza soluciones a la medida, desde el diseño hasta la entrega.

- 6 almacenes estratégicamente ubicadas para entrega inmediata.
- Venta desde 1 saco o una caja, sin mínimo de pedido.
- Capacitación continua y asesoramiento a nuestros aliados.
- Red nacional de distribuidores certificados con cobertura total.
- Equipo comercial especializado en pisos industriales y concretos de alto desempeño.
- Asistencia técnica con herramientas de diseño y acompañamiento en obra. Equipo de ingeniería, acompañamiento en sitio, diseño y optimización de pisos.

Con **Dramix®, Synmix®, Duomix®** y **Loop®**, Bekaert Trade México reafirma su liderazgo en el desarrollo de pisos más fuertes, sostenibles y eficientes para la industria y la infraestructura del país.

Acércate con nosotros para revisar juntos tu proyecto: +52 5518499120; alejandro.figueroa@bekaert.com



Título original en inglés:

Closing the loop.

Linking service durability to resilience and sustainability through defined service life and lessons learned advocacy

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Colombia



Traducción y Revisión Técnica:
Ing. Pedro Nel Quiroga Ph. D.

CONCRETO
LATINOAMÉRICA

www.acilatinoamerica.com

Encuentra en nuestro sitio web

Publicaciones pasadas

Directorio de capítulos del ACI

Noticias y eventos

Publicaciones relacionadas



03

Concreto con agua salada: estrategia de protección contra la corrosión para plantas de producción

por Ahmed Elsayed Ahmed y Antonio Nanni

Además del concreto con agua de mar[1], se está considerando el uso de agua salada en diversas formas en lugar del agua dulce para la producción de concreto. Entre las opciones se encuentran:

- "Agua de producción" procedente de las operaciones de extracción de petróleo;
- "Agua salobre" que se encuentra en lugares alejados de la costa; y
- "Salmuera" resultante de la desalinización del agua de mar.

Existe un interés creciente, igualmente significativo, en el uso de arena marina sin lavar. Impulsados por las fuerzas económicas y un deseo universal de preservar los recursos naturales, se están llevando a cabo iniciativas para utilizar agua salada y arena marina en todo el mundo, con proyectos de investigación en curso en países como China, Japón, Vietnam, Tailandia, Indonesia y Arabia Saudita. Además de los esfuerzos realizados por los académicos, el sector privado y las organizaciones públicas, se están llevando a cabo iniciativas en el seno de las organizaciones de elaboración de normas (SDO, por sus siglas en inglés) para abordar el tema del uso del agua salada.

El ACI creó un comité técnico en 2025 con la siguiente misión: "Desarrollar y difundir información sobre el concreto elaborado con agua salobre, salada y salmuera, así como con agregados marinos". Este comité técnico es el Comité ACI 243, Concreto con agua de mar (Seawater Concrete), que actualmente se encuentra elaborando un informe técnico sobre el uso del agua de mar en la producción de concreto. El Subcomité Internacional ASTM C09.40, Concreto Premezclado (Ready-Mixed Concrete), está sometiendo a votación una revisión de la especificación ASTM C1602/C1602M, Especificación estándar para el agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico (Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete)[2], con el fin de incluir el uso de agua salada, además de las ya contempladas agua potable y agua industrial (es decir, el agua producida durante la operación de concreto premezclado).

El uso de agua salada y agregados marinos no es algo nuevo. Uno de los ejemplos de construcción del siglo pasado es un puente en el sur de Florida, EE. UU. El antiguo puente Seven-Mile (Puente No. 900020) se construyó entre 1908 y 1911 como parte de la extensión hacia Cayo Hueso del Ferrocarril de la Costa Este de Florida. Actualmente, un tramo del puente se utiliza para acceder al Cayo Paloma (Pigeon Key) a pie y mediante un servicio de transporte en tranvía, y también sirve como muelle de pesca. En un informe de la época[3], Romano escribió:

"Al inicio del proyecto, el agua dulce era la única fuente utilizada para el concreto de los pilares del viaducto de Cayo Víbora (Long Key), debido a la incertidumbre sobre la interacción de la sal con los distintos componentes de la estructura. Más adelante, la correspondencia en la que se discutían los costos de transporte y almacenamiento, junto con los resultados de nuevas pruebas, fue lo que inclinó la balanza a favor del uso de agua de mar en futuros vertidos. La única razón para transportar agua dulce a los campamentos era para la generación de vapor y para uso doméstico. Se describió un elaborado sistema de recolección de agua de lluvia que se puso en marcha para ayudar a eliminar el transporte y el almacenamiento de agua potable, pero, con el tiempo, este sistema también falló"[3].

El uso de agua de mar y agregados contaminados con sal en el antiguo puente Seven-Mile también se confirma en un informe más reciente de Scannell[4], quien fue contratado para evaluar el grado de corrosión del acero de refuerzo en algunos de los pilares. En una sección de su informe se indica lo siguiente:

"...el concreto para las zapatas, las paredes y los cabezales de los pilares se mezcló con agua de mar, y es posible que una parte del agregado grueso se haya obtenido localmente mediante la extracción de piedra caliza del lecho marino mediante una explosión. Por lo tanto, inicialmente el concreto presentaba una alta concentración de cloruro. Esto se ve respaldado por el hallazgo de una

concentración de cloruro de casi 9 pcy (pounds per cubic yard, libras por yarda cúbica) a una profundidad nominal de 241mm [9.5 pulg.] en un núcleo analizado por la SMO del FDOT (State Materials Office, Florida Department of Transportation)...[4]"

El renovado interés por el concreto resistente al agua salada se debe a los avances de la industria en la producción de refuerzo anticorrosivo. En particular, en las últimas tres décadas se ha observado el uso exitoso de barras de polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP, por sus siglas en inglés). De hecho, no se recomienda el uso de refuerzos de acero al carbono en el concreto expuesto a agua salada, ya que los iones Cl^- se acumulan en la superficie de las varillas de acero al carbono y cuando su concentración supera un nivel crítico, provocan la despasivación del acero, lo que conduce a la corrosión. La corrosión genera productos expansivos que ejercen presión sobre el concreto circundante, provocando grietas y desprendimientos que agravan aún más la corrosión del acero[5].

La disponibilidad de refuerzos no corrosivos para estructuras de concreto, y en particular la llegada del GFRP[6], ofrece una alternativa eficaz y viable al refuerzo convencional de acero al carbono. La calidad y el desempeño del refuerzo compuesto para su uso en concreto se especifican de acuerdo con las normas ASTM D7957/D7957M[7] y ASTM D8505/D8505M[8]. El diseño estructural del concreto con refuerzo de GFRP se rige por el Código ACI 440.11-22[9], y las especificaciones de construcción correspondientes se establecen en el ACI 440.5-22[10]. Del mismo modo, en lo que respecta a la infraestructura de transporte, la AASHTO ha publicado una segunda edición de su guía de especificaciones para el diseño de puentes[11], que incluye disposiciones para el diseño de elementos reforzados con GFRP.

Producción de Concreto con Agua Salada

Si bien se reconoce que el concreto con agua salada, presenta características de desempeño excepcionales, puede especificarse y diseñarse de manera eficaz, el reto sigue estando en su producción: el agua salada podría corroer el equipo necesario para la producción y el transporte del concreto. El objetivo de este artículo es presentar un ejemplo de una estrategia adoptada para proteger el equipo destinado a la producción de concreto.

La compañía Al-imtyaz Alwataniya Ready Mix Concrete (IMTYAZ) de Arabia Saudita actualmente produce y distribuye concreto con agua de mar a obras cercanas y lejanas a una de sus plantas de concreto premezclado (Fig. 1). En consecuencia, IMTYAZ ha adoptado una estrategia integral de protección para su línea de producción de concreto. Esta estrategia abarca todas las piezas y equipos que entran en contacto con agua salada o con concreto mezclado con agua de mar, desde la etapa inicial de almacenamiento del agua, pasando por el bombeo y el transporte a lo largo de la línea de producción, hasta las unidades de pesaje y dosificación, la unidad central de mezcla, durante el transporte en el camión de concreto desde la planta dosificadora hasta el lugar de colocación, y dentro de la bomba de concreto, la última unidad que entra en contacto con el concreto. Los procesos estándar de colado, que incluyen el cimbrado, la colocación del refuerzo, el empalme y el curado, pueden aplicarse en general al concreto mezclado con agua de mar, al igual que con el concreto convencional.

Las medidas de protección implementadas por IMTYAZ se detallan en las siguientes secciones.



Fig. 1: Vista aérea de una planta de concreto premezclado adaptada para la producción de concreto con agua de mar

Etapa de Almacenamiento

La estrategia de protección comienza en la primera etapa del proceso: el almacenamiento del agua. Los tanques y embalses que contienen agua salada se construyen o se recubren con materiales de fibra de vidrio, que son resistentes a la corrosión y evitan el ataque químico de los cloruros y otras sales (Fig. 2).



Fig. 2: Tanque para almacenamiento de agua de mar construido o revestido con materiales de fibra de vidrio

Tuberías y Accesorios

Desde el depósito, el agua salada se bombea a través de sistemas de tuberías específicos. Todas las bombas, válvulas y accesorios que entran en contacto con el agua salada están fabricados con acero inoxidable de grado marino o cloruro de polivinilo (PVC), o bien están recubiertos con capas anticorrosivas. Esto evita fallas prematuras causadas por la naturaleza agresiva del agua de mar (Fig. 3).



Fig. 3: Se ha diseñado un sistema de tuberías específico para el manejo de agua de mar

Bombas

Algunas piezas de las bombas están fabricadas con politetrafluoroetileno (PTFE) u otros polímeros de ingeniería resistentes a los productos químicos y a la corrosión, con capacidades adecuadas para bombear agua salada en la línea de producción (Fig. 4). Ofrecen una alta resistencia a la corrosión y también evitan la acumulación de sal en las partes internas de la bomba. Como alternativa, las piezas fabricadas en acero inoxidable y bronce de níquel-aluminio (NAB), que se utilizan comúnmente en las bombas marinas, podrían sustituir a las fabricadas con polímeros.



Fig. 4: Parte de una bomba fabricada con polímeros sintéticos

Unidad de pesaje y dosificación

A continuación, el agua se dirige a las unidades de pesaje y medición. Estos componentes de precisión están igualmente protegidos, lo que garantiza que la precisión de la medición se mantenga con el paso del tiempo sin que se vea afectada por la exposición a la sal (Fig. 5).



Fig. 5: Estación de pesaje y dosificación de agua de mar

Unidad central de mezclado

Las piezas internas de la mezcladora central se protegen mediante dos métodos:

- La unidad está conectada a un ánodo de sacrificio, lo cual es un método común y eficaz para controlar la corrosión conocido como protección catódica galvánica (Fig. 6). Esta técnica consiste en conectar un metal más reactivo (el ánodo de sacrificio) a la estructura que se desea proteger; y
- La unidad se lava inmediatamente después de la producción con agua industrial (la misma agua que se utiliza para producir concreto normal), a la que se le agrega un porcentaje específico de un inhibidor de corrosión (es decir, el mismo aditivo químico que se utiliza en el concreto para proteger el acero de refuerzo contra la corrosión). La Figura 7 muestra el tanque que contiene agua industrial tratada con un inhibidor de corrosión.



Fig. 6: Protección catódica galvánica de la unidad mezcladora



Fig. 7: Tanque que contiene agua industrial tratada con inhibidores de corrosión

Camiones para transporte de concreto premezclado y bombas de concreto

Los dos métodos descritos para la protección de la unidad central de mezclado (es decir, la instalación de ánodos de sacrificio y el lavado posterior a la producción con agua industrial tratada con un inhibidor de corrosión) también se aplican para proteger tanto el camión de transporte de concreto (mezcladora) como la bomba de concreto (Fig. 8).



A



B

Fig. 8: El equipo de distribución también está protegido contra la corrosión: (a) un camión mezclador para el transporte de concreto premezclado; y (b) una bomba de concreto

Otras estrategias

Aunque este artículo se centra en la experiencia de un fabricante de concreto, el uso exitoso del concreto con agua salada también depende de la implementación de otras estrategias, como garantizar la calidad de los elementos embebidos que se utilizan para conectar equipos y otras estructuras al concreto rico en cloruro. Por ejemplo, las piezas integradas que también están expuestas al entorno podrían estar fabricadas con acero inoxidable 2507 súper dúplex, lo que permite unir componentes externos mediante soldadura (minimizando el riesgo de precipitación de carburo de cromo en los límites de grano).

Conclusiones

El concreto elaborado con agua salada se está convirtiendo en una realidad, y ofrece una solución alternativa al concreto convencional en regiones del mundo afectadas por la escasez de agua dulce, o en lugares donde la reutilización de aguas residuales constituye una solución inteligente desde el punto de vista económico y/o de sustentabilidad. La producción, el transporte y el vertido del concreto con agua salada pueden considerarse desafíos debido a los posibles riesgos de corrosión asociados con el equipo necesario. Sin embargo, estos desafíos pueden superarse mediante una planificación y ejecución adecuadas.

Al implementar una estrategia de protección integral —desde el almacenamiento y bombeo de agua hasta el pesaje, la mezcla, el transporte y el bombeo final—, IMTYAZ demuestra su capacidad para producir concreto de agua salada de alta calidad. Este enfoque proactivo minimiza el tiempo de inactividad, reduce los costos de mantenimiento y garantiza que los clientes reciban concreto confiable y duradero para sus proyectos.

Agradecimientos

Los autores desean reconocer el liderazgo de Fouad Alsaadi y Yasser Youssef, de Al-imtyaz Alwataniya Ready Mix Concrete, por su apoyo a los esfuerzos de investigación y desarrollo que demuestran el compromiso de la empresa con la sustentabilidad y con el suministro de concreto con agua salada de manera práctica y eficiente. Además, los autores agradecen la visión y la iniciativa del Consorcio Saudí NovusCrete, cuyo objetivo es liderar la innovación en el campo del concreto sustentable.

Referencias

1. Li, P.; Li, W.; Sun, Z.; Shen, L.; and Sheng, D., “Development of Sustainable Concrete Incorporating Seawater: A Critical Review on Cement Hydration, Microstructure and Mechanical Strength,” Cement and Concrete Composites, V. 121, Aug. 2021, Article No. 104100. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2021.104100
2. ASTM C1602/C1602M-22, “Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022, 5 pp. doi: 0.1520/C1602_ C1602M-22
3. Romano, D., “Report on Findings from the Henry Morrison Flagler Museum Archives Florida Keys Bridges,” Henry Morrison Flagler Museum, Palm Beach, FL, Oct. 1988, 6 pp.
4. Scannell, W.T., “Corrosion Evaluation and Associated Damage Projections on the Piers of the Old Seven-Mile Bridge Between Knight’s Key and Pigeon Key, Florida,” Florida Department of Transportation, District Six Structures & Facilities Office, Miami, FL, July 2004, 69 pp.
5. Zhang, S.; Gao, D.; Zhu, H.; Chen, L.; He, Z.; and Yang, L., “Flexural Behavior of Seawater-Mixed Steel Fiber Reinforced Concrete Exposed to Simulated Marine Environments,” Construction and Building Materials, V. 373, Apr. 2023, Article No. 130858. doi: 10.1016/j. conbuildmat.2023.130858
6. Khodadadi, N.; Roghani, H.; Harati, E.; Mirdarsoltany, M.; De Caso, F.; and Nanni, A., “Fiber-Reinforced Polymer (FRP) in Concrete: A Comprehensive Survey,” Construction and Building Materials, V. 432, June 2024, Article No. 136634. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.136634
7. ASTM D7957/D7957M-22, “Standard Specification for Solid Round Glass Fiber Reinforced Polymer Bars for Concrete Reinforcement,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022, 5 pp. doi: 10.1520/D7957_D7957M-22
8. ASTM D8505/D8505M-23, “Standard Specification for Basalt and Glass Fiber Reinforced Polymer (FRP) Bars for Concrete Reinforcement,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 8 pp. doi: 10.1520/D8505_ D8505M-23
9. ACI Committee 440, “Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Bars—Code and Commentary (ACI CODE-440.11-22),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2023, 260 pp.
10. ACI Committee 440, “Construction with Glass Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars—Specification (ACI SPEC-440.5-22),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2022, 10 pp.
11. AASHTO, “AASHTO LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete,” second edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2018, 121 pp.

Ahmed Elsayed Ahmed, miembro del ACI, es el Director de Calidad y Sustentabilidad de Al-imtyaz Alwataniya Ready Mix Concrete Company. Cuenta con más de 25 años de experiencia en la industria de la construcción, de los cuales más de 20 los ha dedicado a la producción de concreto premezclado. Ahmed es miembro del Comité 243 del ACI, Concreto con agua de mar (Seawater Concrete). Obtuvo su maestría en Ciencias en la Universidad de El Cairo, en Giza, Egipto.



Antonio Nanni, FACI, es profesor investigador en el Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectónica de la Universidad de Miami, en Coral Gables, Florida, EE. UU. Fue presidente del ACI y es presidente del Comité 243 del ACI, Concreto con agua de mar (Seawater Concrete).



Título original en inglés:
Saline Water Concrete: Corrosion Protection Strategy for Production Plants

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo México Noreste



Traducción:
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez



Revisión Técnica:
Dr. Lucio Guillermo López Yépez

04

Recientes revisiones significativas a las normas sobre cemento y concreto.

por Eric R. Giannini y Colin L. Lobo

En los Estados Unidos, la Asociación Americana para Ensayos y Materiales (ASTM Internacional) y la Asociación Americana de Autoridades de Carreteras y Transporte (AASHTO) son las principales organizaciones de desarrollo de normas (SDO, por sus siglas en inglés) que publican especificaciones de materiales, métodos de ensayo, prácticas y guías relacionados con el cemento y el concreto. Estas normas se citan como referencia en las normas del ACI, tales como el Código ACI-318[1] y ACI SPEC-301[2]. También se analizan en guías importantes como ACI PRC-201.2, "Concreto durable: Guía" ("Durable Concrete—Guide"[3]), y sientan las bases para los programas de certificación del ACI y de otras entidades destinados a técnicos de ensayos. Las especificaciones de materiales desempeñan un papel fundamental a la hora de facilitar el comercio. La elaboración de estas normas permite a compradores y fabricantes (así como a proveedores) establecer requisitos consensuados para los productos.

A medida que la industria del concreto evoluciona e innova, las normas deben adaptarse a estos cambios. Las innovaciones recientes orientadas a cumplir objetivos de sostenibilidad, junto con el impulso hacia prácticas de diseño y especificación basadas en el desempeño, han sido factores clave en la modificación de las normas. Asimismo, existen beneficios considerables para fabricantes, usuarios y proveedores cuando las normas de materiales desarrolladas por distintas SDO presentan requisitos coherentes. Este artículo presenta un resumen de los cambios significativos incorporados en normas relevantes y expone las razones de dichas modificaciones. Dado que los cementos compuestos representaron aproximadamente el 65 % del total de los envíos de cemento en los Estados Unidos en 2025[4], se presta especial atención a las actualizaciones de la norma ASTM C595/C595M, "Especificación estándar para cementos hidráulicos compuestos" ("Standard Specification for Blended Hydraulic Cements"[5]), y de su equivalente en la AASHTO, la norma M 240M/M 240, "Especificación estándar para cemento hidráulico compuesto" ("Standard Specification for Blended Hydraulic Cement"[6])

Los autores participan activamente en los comités C01 (Cemento) y C09 (Concreto y agregados para concreto) de ASTM, y colaboran (sin derecho a voto) en el Comité de Materiales y Pavimentos de la AASHTO. Además, participan en el Grupo de Trabajo Conjunto AASHTO-ASTM sobre la Armonización de las Especificaciones del Cemento, un grupo creado a principios de la década de 2000 para minimizar las diferencias y armonizar los requisitos entre las especificaciones complementarias para cementos. El grupo de trabajo evalúa, revisa y respalda los cambios propuestos antes de remitir dichas propuestas a los respectivos subcomités de ASTM y AASHTO para su votación formal. Desde su creación, este proceso ha facilitado la aprobación de la mayoría de las revisiones propuestas que ha respaldado. Otro grupo de trabajo está colaborando en la armonización de las especificaciones para materiales cementantes suplementarios (SCM, por sus siglas en inglés) entre ASTM y AASHTO.

Los fabricantes y proveedores de materiales cementantes deben publicar un documento que demuestre el cumplimiento de los requisitos de composición y ensayo establecidos en cada especificación pertinente. Si bien a este documento se le suele denominar "informe de ensayo de fábrica" (mill test report), actualmente se utilizan diversos términos para referirse a él (por ejemplo, "certificación del fabricante", "informe del fabricante" y "declaración del fabricante"), incluso dentro de una misma norma. Se está llevando a cabo una iniciativa más amplia para estandarizar el uso del término "Certificación del Proveedor" en todas las especificaciones de ASTM para materiales cementantes.

Especificaciones de cementos mezclados

Los cementos mezclados incluyen componentes tales como clínker de cemento Portland, puzolana (como ceniza de carbón), escoria granulada de alto horno o cemento de escoria, y piedra caliza; estos materiales se muelen conjuntamente o se mezclan para obtener un producto final uniforme. Las especificaciones ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240 establecen límites para la cantidad de los componentes de la mezcla. Las designaciones de los tipos de cemento mezclado van seguidas de "(X)...", indicando el porcentaje objetivo del material de mezcla. Por ejemplo, el Tipo IL(10) tiene una cantidad objetivo del 10 % de piedra caliza. Los cementos con más de un componente incluyen "(AX)(BY)" en su designación, donde "A" y "B" representan el componente de la mezcla ("P" para puzolana, "S" para cemento de escoria y "L" para piedra caliza) e "Y" indica la cantidad objetivo del segundo componente. Las ediciones de 2026 de las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240 incluyen revisiones significativas de estos límites.

Límites de composición

Anteriormente, la piedra caliza no era un constituyente permitido en los cementos Tipo IP (puzolana-Portland) y Tipo IS (escoria de alto horno-Portland). Sin embargo, el cemento Tipo IT (mezcla ternaria) podía contener hasta un 15 % de piedra caliza y un SCM, o bien dos SCM y nada de piedra caliza. Ahora se permite que los cementos Tipo IP y Tipo IS contengan hasta un 15 % de piedra caliza, además de una puzolana o escoria, respectivamente. En el contexto de las normas para cementos mezclados, el término "escoria" se refiere a cemento de escoria premolido o a escoria granulada de alto horno molida conjuntamente con los demás constituyentes. El cemento Tipo IT (mezcla ternaria) puede contener hasta un 15 % de piedra caliza y ahora debe contener obligatoriamente dos SCM, que pueden ser dos puzolanas o una puzolana y una escoria. El contenido objetivo de piedra caliza en exceso de 5% de los tipos de cementos mezclados deben ser reportados por el tipo de designación.

El impacto principal de estas modificaciones en los límites de composición recaerá en la designación de tipo de muchos cementos anteriormente clasificados como Tipo IT. Los cementos compuestos que contienen un SCM y piedra caliza, clasificados previamente como Tipo IT, pasarán a designarse como Tipo IP o Tipo IS. Un ejemplo de ello sería un cemento Tipo IT(P25)(L10) que se reclasifica como Tipo IP(P25)(L10). Cabe señalar que la composición objetivo de este cemento de ejemplo permanece invariable, pero su designación de tipo cambia de Tipo IT a Tipo IP.

Los límites actuales sobre los constituyentes de las mezclas restringen la fabricación y el uso de productos de cemento emergentes de bajo contenido de carbono bajo las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240, tales como los cementos de caliza y arcilla calcinada (LC^3) y los cementos de alto contenido de adiciones minerales y baja demanda de agua (HFLW). Para abordar esta deficiencia, la norma ASTM C595/C595M incorporó en 2026 un nuevo Tipo IC (cemento compuesto). El Tipo IC no está incluido actualmente en la norma AASHTO M 240M/M 240. Los cementos Tipo IC pueden contener cualquier cantidad (uno o más) de constituyentes como puzolana, escoria y caliza, siempre que no superen en total el 70 % de la masa del cemento compuesto (lo que exige, en la práctica, un mínimo del 30 % de cemento Portland). El cemento Tipo IC puede contener hasta un 30 % de caliza, mientras que la cantidad prevista de caliza no puede superar el 15 % en los otros tipos de cemento compuesto. Bajo la designación Tipo IC de la norma ASTM C595/C595M, se podría desarrollar y especificar una variedad de mezclas innovadoras de constituyentes que no están contempladas en otros tipos de cemento compuesto. Los requisitos físicos y de desempeño para el cemento Tipo IC son idénticos a los de otros cementos compuestos con los mismos contenidos de puzolana y/o escoria, aunque existen diferencias menores en los requisitos químicos. Las agencias estatales que hacen referencia a la norma AASHTO M 240M/M 240 para el cemento en sus especificaciones de concreto pueden autorizar el uso de cemento Tipo IC haciendo referencia a la norma ASTM C595/C595M. Lo mismo se aplica a la autorización de un cemento hidráulico basado en el desempeño cubierto por la norma ASTM C1157/C1157M-25, "Especificación estándar de desempeño para cemento hidráulico" ,

("Standard Performance Specification for Hydraulic Cement"[7]) la cual no cuenta con una especificación equivalente de AASHTO. Los requisitos para todos los demás cementos compuestos permanecen armonizados entre las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240.

La convención de nomenclatura para los cementos Tipo IC es la misma que para otros cementos combinados. Los cementos Tipo IC pueden incluir:

- Un cemento LC[3] con 30 % de arcilla calcinada y 20 % de piedra caliza. Tipo IC(P30)(L20);
- Un cemento Portland con piedra caliza (PLC) con 20 % de piedra caliza (similar al que ha estado en evaluación en MnRoad desde 2023[8]). Tipo IC(L20); o
- Un cemento combinado cuaternario con 20 % de cemento de escoria, 18 % de puzolana natural y 12 % de ceniza de carbón. Tipo IC(S20)(P18)(P12).

La Tabla 1 resume los límites de composición establecidos en las ediciones de 2026 de ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240. Las celdas resaltadas representan los límites que fueron revisados en 2026.

Cemento resistente a sulfatos TIPO IL

Para el cemento Portland que cumple con las normas ASTM C150/C150M, "Especificación estándar para cemento Portland", ("Standard Specification for Portland Cement"[9]) y AASHTO M 85, "Especificación estándar para cemento Portland" ("Standard Specification for Portland Cement"[10]), la resistencia a los sulfatos se define mediante límites máximos de aluminato tricálcico (C_3A): 8 % para resistencia moderada a los sulfatos (Tipo II) y 5 % para alta resistencia a los sulfatos (Tipo V). La composición de fases estimada para el cemento Portland no puede determinarse de la misma manera para los cementos mezclados; por ello, estos límites de fases químicas no se especifican en las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240. Para los cementos mezclados (y para las combinaciones de materiales cementantes en el concreto), la resistencia a los sulfatos se ha determinado mediante el cumplimiento de criterios de expansión a los 6 o 12 meses (o 18 meses para combinaciones cementantes en exposiciones a sulfatos muy severas) al realizar el ensayo de expansión de barras de mortero según la norma ASTM C1012/C1012M, "Método de ensayo estándar para el cambio de longitud de morteros de cemento hidráulico expuestos a una solución de sulfato" ("Standard Test Method For Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution"[11]). La norma ASTM C1012/C1012M se desarrolló para evaluar combinaciones de materiales cementantes que incluyen SCM, y el ensayo no tenía como objetivo establecer la resistencia a los sulfatos de los cementos Portland o de los cementos Portland con caliza (PLC). En el ensayo ASTM C1012/C1012M, las barras de mortero de prueba se sumergen en una solución de sulfato de sodio de alta concentración. La norma ASTM C452/C452M, "Método de ensayo estándar para la expansión potencial de morteros de cemento Portland expuestos a sulfatos", ("Standard Test Method Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate"[12]) es un ensayo de expansión de barras de mortero de 14 días publicado por primera vez en 1960, en el cual se añade sulfato adicional (yeso) durante la mezcla del mortero. Este método ha sido referenciado en las normas ASTM C150/C150M y AASHTO M 85, incluyendo un requisito opcional para cementos Tipo V (de alta resistencia a los sulfatos) que establece un límite máximo de expansión del 0.040 % según la norma ASTM C452/C452M. Dicho requisito se aplica conforme al código ACI-318 cuando se utilizan cementos Tipo V sin

Tabla 1: Requisitos establecidos para la composición de cementos combinados en ASTM C 595/C595M-26 y AASHTO M 240M/M 240-26

Adicionante	Tipo IL	Tipo IP	Tipo IS	Tipo IT	Tipo IT(S≥70)	Tipo IC*
Caliza (L)	>5%, y ≤15%	≤15%	≤15%	≤15%	≤15%	≤30%†
Puzolana (P)	0	≤40%	0	≤40%	†	†
Escoria (S)	0	0	≤95%‡	†	†,‡	†
Suma de (L+P+S)	n/a	n/a	n/a	<70%	≤95%	≤70%
Número de puzolanas y escorias adicionadas	0	1	1	2	2	Sin requisitos

Los límites revisados se resaltan con color amarillo.

*El cemento Tipo IC es el único incluido en ASTM C595. † No hay un límite máximo establecido para estos adicionantes, pero el cemento debe satisfacer el límite máximo del total de caliza, puzolana o cemento de escoria. ‡ Los cementos Tipo IS y IT con 70% o más de escoria pueden también contener caliza hidratada

SCM en condiciones de exposición severa (S3) a los sulfatos. Estudios recientes que comparan ambos métodos de ensayo confirman que la norma ASTM C1012/C1012M constituye un ensayo más riguroso, hasta el punto de que algunos cementos Portland Tipo V no lograrían cumplir el límite de expansión establecido para la designación de alta resistencia a los sulfatos en las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M240[13]. A partir de la evaluación de ensayos comparativos realizados con cementos de diversas procedencias, se ha determinado que el método ASTM C452/C452M es adecuado para evaluar la resistencia a los sulfatos de los cementos Tipo IL[14].

Las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240 fueron revisadas para establecer que la resistencia a los sulfatos de los cementos Tipo IL se basara principalmente en los ensayos de la norma ASTM C452/C452M. En 2023 se realizó un cambio similar en la norma CSA A3001[15], y una revisión complementaria de la norma ASTM C452/C452M en 2026 aclaró que los cementos Tipo IL pueden someterse a ensayo mediante este método.

Actualmente, los cementos Tipo IL se clasifican según su resistencia a los sulfatos como moderada (MS) o alta (HS) basándose en los siguientes criterios de expansión de la norma ASTM C452/C452M:

- Resistencia moderada a los sulfatos, Tipo IL(MS): expansión a los 14 días ≤ 0.050 %; y
- Resistencia alta a los sulfatos, Tipo IL(HS): expansión a los 14 días ≤ 0.035 %.

Si el cemento no cumple con los límites de expansión de la norma ASTM C452/C452M, aún puede ser calificado basándose en los resultados de los ensayos de la norma ASTM C1012/C1012M a los 6 o 12 meses. Al evaluar otros cementos compuestos que contienen puzolanas o cemento de escoria (Tipos IP, IS, IT e IC) y combinaciones cementantes en el concreto, siguen aplicándose los criterios de expansión basados en la norma ASTM C1012/C1012M.

Requisitos químicos

La falta de sanidad del cemento puede deberse a la presencia de óxido de calcio que no ha reaccionado o de periclasa, una forma cristalina de óxido de magnesio (MgO), los cuales pueden provocar expansión en el concreto, ya sea a edad temprana o tardía, cuando estas fases reaccionan con el agua. La norma ASTM C151/C151M, "Método de ensayo normalizado para la expansión en autoclave del cemento hidráulico", ("Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement"[16]), conocida como ensayo de expansión en autoclave, se ha utilizado históricamente para evaluar el potencial de inestabilidad volumétrica de los cementos. Sin embargo, dicho ensayo no predecía de manera fiable el comportamiento del cemento. En 2023, se eliminó el requisito de la prueba de expansión en autoclave (ASTM C151/C151M) de las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240, tras un cambio similar realizado en 2022 en las normas ASTM C150/C150M y AASHTO M 85. Si bien las normas ASTM C150/C150M y AASHTO M 85 para cementos Portland establecen un límite máximo de MgO del 6.0 %, no existía un límite similar para los cementos mezclados, a excepción de los cementos Tipo IP y algunos cementos Tipo IT. Se consideró poco práctico establecer un límite de MgO para los cementos mezclados terminados, dado que muchos constituyentes (como la caliza y la escoria) pueden contener cantidades considerables de MgO, pero no en forma de periclasa que pudiera representar un riesgo de falta de estabilidad volumétrica o sanidad.

Para los cementos de los Tipos IL, IP, IS e IT, se introdujo un límite del 6.0 % de MgO aplicable al constituyente de cemento Portland. Esta medida sustituyó al límite del 6.0 % de MgO que se aplicaba a los cementos terminados de los Tipos IP e IT cuando la puzolana constituía el componente de mezcla mayoritario. Asimismo, garantiza que los cementos Portland que cumplen con los requisitos de las normas ASTM C150/C150M y AASHTO M 85 puedan utilizarse para fabricar cementos mezclados. Actualmente, el cemento Tipo IC tiene un límite de MgO del 6.0 % en el producto terminado si el contenido de puzolana supera al contenido de caliza o de escoria. El Subcomité C01.10 de ASTM, encargado de los cementos hidráulicos para la construcción general de concreto, trabaja en una futura revisión para armonizar el límite de MgO del Tipo IC con el de los otros tipos de cemento mezclado.

Los límites de pérdida por ignición (LOI, por sus siglas en inglés) se establecieron principalmente para las cenizas de carbón con el fin de reducir la probabilidad de que el carbón no quemado y el carbón activado absorban aditivos químicos, en particular, los aditivos inclusores de aire, y así lograr de manera más fiable un contenido constante de aire incluido en el concreto (ACI PRC-232.2[17]). La medición de la pérdida por ignición (LOI) también refleja el contenido de dióxido de carbono del carbonato de calcio y

aumenta a medida que se incrementa el contenido de piedra caliza en el cemento. Las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240 establecen límites máximos de LOI tanto para los cementos terminados (con límites más altos para aquellos que contienen más del 5 % de piedra caliza) como para los componentes individuales: cenizas de carbón, humo de sílice y (hasta 2026) puzolanas naturales.

En el caso de las puzolanas naturales, la LOI está más estrechamente relacionada con el contenido de agua ligada del material que con las formas de carbono que afectan la eficacia de los aditivos (ACI PRC-232.1[18]). Los límites de LOI aplicables a los cementos Tipos IP e IT en ediciones anteriores de las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240 también restringían el uso de algunas puzolanas naturales en proporciones que alcanzaban el límite del 40 %, debido al límite de LOI establecido para el cemento terminado.

Las revisiones resultantes de los requisitos de LOI para 2026 son las siguientes:

- Se eliminó el límite del 10.0 % de LOI para los componentes de puzolana natural en cementos compuestos. Esto armoniza la normativa con las normas canadienses (CSA A3001) y europeas (EN 197-1[19]);
- Se aumentó al 8.0 % el límite de LOI para los cementos compuestos terminados Tipos IP e IT (a excepción del nuevo cemento Tipo IC) que contienen puzolanas naturales, o al 13.0 % si el contenido de piedra caliza es superior al 5 %. Anteriormente, estos límites eran del 5.0 % y el 10.0 %; y
- Se introdujo el cemento Tipo IC con un límite de LOI del 5.0 %, o del 16.0 % si el contenido de piedra caliza del cemento es superior al 5 %.

Otras normas sobre cemento y materiales cementantes suplementarios (SCM)

En los últimos años se han publicado varias normas nuevas y se han actualizado las existentes relativas a los SCM:

- La norma ASTM C1866/C1886M, "Especificación estándar para puzolana de vidrio molido para su uso en concreto" ("Standard Specification for Ground-Glass Pozzolan for Use in Concrete"[20]), se publicó en 2020. Esta norma establece una vía para utilizar vidrio reciclado procedente de envases, vidrio plano y vidrio Tipo E como SCM. Se definen dos Tipos, GS y GE, para abarcar el vidrio de cal-sosa-sílice y el vidrio procedente de residuos de refuerzo de fibra de vidrio, respectivamente. El Tipo GS presenta un alto contenido de álcalis en comparación con el Tipo GE;
- Las normas ASTM C595/C595M y AASHTO M 240M/M 240 fueron revisadas para establecer que la resistencia a los sulfatos de los cementos Tipo IL se basara principalmente en los ensayos de la norma ASTM C452/C452M. En 2023 se realizó un cambio similar en la norma CSA A300115, y una revisión complementaria de la norma ASTM C452/C452M en 2026 aclaró que los cementos Tipo IL pueden someterse a ensayo mediante este método.
- La norma ASTM C1912/C1912M, "Especificación estándar para materiales cementantes suplementarios para su uso en concreto" ("Standard Specification for Supplementary Cementitious Material for Use in Concrete"[21]), se publicó en 2025. Se trata de una especificación orientada al desempeño, diseñada para dar cabida a materiales SCM emergentes e innovadores que no cumplen con las especificaciones tradicionales para este tipo de materiales. Esta especificación también puede utilizarse para calificar cenizas de carbón, cementos de escoria y puzolanas naturales que no cumplen con las especificaciones tradicionales aplicables a dichos materiales. El requisito del índice de actividad de resistencia es del 80 % de la resistencia de la mezcla de control a los 7 y 28 días, una cifra ligeramente superior al requisito del 75 % establecido en la norma ASTM C618, "Especificación estándar para ceniza volante de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para su uso en concreto" (Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete[22]). Para contemplar aquellos SCM de reacción más lenta, se incluye la opción de cumplir con un índice de actividad de resistencia del 80 % a los 56 días. Asimismo, esta especificación incorpora una prueba de reactividad adicional basada en el contenido de agua ligada, conforme al método B de la norma ASTM C1897, "Métodos de ensayo estándar para medir la reactividad de materiales

cementantes suplementarios mediante calorimetría isotérmica y mediciones de agua ligada" (Standard Test Methods for Measuring the Reactivity of Supplementary Cementitious Materials by Isothermal Calorimetry and Bound Water Measurements[23]). Se incluye un requisito opcional para informar el índice de espuma, determinado según la norma ASTM C1827, "Método de ensayo estándar para la determinación de la demanda de aditivo inclusor de aire en una mezcla cementante" ("Standard Test Method for Determination of the Air-Entraining Admixture Demand of a Cementitious Mixture"[24]), con el fin de evaluar si el SCM tiene un impacto adverso en la inclusión de aire en el concreto. En 2026 se añadió un requisito opcional para informar un "índice de resistividad" medido en cubos de mortero, de acuerdo con la norma ASTM C1952, "Método de ensayo estándar para la determinación del índice de resistividad global de cubos de mortero mediante mediciones de resistividad eléctrica global" ("Standard Test Method for Determination of Bulk Resistivity Index of Mortar Cubes using Bulk Electrical Resistivity Measurements[25]"). El índice de resistividad representa la relación entre la resistividad medida en el mortero de ensayo con SCM y la de la mezcla de control con cemento Portland o PLC. La resistividad puede medirse en los mismos cubos antes de someterlos a los ensayos de resistencia a la compresión. Por consiguiente, el índice de resistividad se reporta a las mismas edades que el índice de actividad de resistencia y a edades posteriores adicionales, aunque no se ha establecido un valor mínimo para el cumplimiento. La inclusión de estos métodos adicionales tiene como objetivo evitar que materiales inertes sean calificados como SCM basándose únicamente en el índice de actividad de resistencia. La norma AASHTO M 363M/M 363, "Especificación estándar para materiales cementantes suplementarios para uso en concreto", ("Standard Specification for Supplementary Cementitious Material for Use in Concrete"[26]), es equivalente a la norma ASTM C1912/C1912M publicada en 2026;

- La norma ASTM C1945, "Especificación estándar para puzolana natural para uso en concreto", ("Standard Specification for Natural Pozzolan for Use in Concrete"[27]) se publicó inicialmente en 2024 con los mismos requisitos que los establecidos para las puzolanas naturales de Clase N en la norma ASTM C618, y fue revisada más recientemente en 2026. Se eliminaron del título los calificativos "cruda y calcinada", así como la referencia a la Clase N. Las revisiones también han introducido requisitos opcionales sobre la reactividad puzolánica de conformidad con la norma ASTM C1897. Estos incluyen un límite opcional para el contenido de agua ligada y un requisito opcional para reportar el calor de hidratación a los 7 días. Se han eliminado los límites para LOI, ya que los constituyentes que contribuyen a la LOI no afectan la capacidad de incorporar aire en el concreto, a diferencia de lo que ocurre con las cenizas de carbón. Muchas puzolanas naturales aumentan la demanda de agua para alcanzar el asentamiento objetivo en el concreto. Con este fin, se mantiene en esta especificación el límite de requerimiento de agua del 115 % respecto al control, establecido en la norma ASTM C618. El objetivo es eliminar eventualmente las puzolanas naturales de Clase N de las normas ASTM C618 y AASHTO M 295, "Especificación estándar para cenizas de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto" ("Standard Specification for Coal Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete"[28]), convirtiendo a esta en la única especificación relevante para puzolanas naturales. La norma AASHTO M 359, "Especificación estándar para puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto" ("Standard Specification for Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete"[29]), es equivalente a la norma ASTM C1945 publicada en 2026; y

- La norma ASTM C1697, "Especificación para materiales cementantes suplementarios mezclados" ("Specification for Blended Supplementary Cementitious Materials"[30]), permite mezclar puzolanas y cemento de escoria que cumplan con las especificaciones respectivas para su comercialización como un producto combinado. Una revisión aprobada en 2026, pendiente de publicación, permitirá incluir piedra caliza como componente de la mezcla, siempre que no constituya el componente mayoritario por masa en dicha mezcla. No existe una especificación AASHTO equivalente para los SCM mezclados.

Normas para el concreto

La norma ASTM C94/C94M, "Especificación estándar para concreto premezclado" ("Ready-Mixed Concrete"[31]), incorporó referencias a nuevas especificaciones para materiales del concreto, con el fin de permitir el uso tanto de materiales tradicionales como emergentes. La inclusión de la norma ASTM C1797, "Especificación estándar para carbonato de calcio molido y agregados con cargas minerales para su uso en concreto de cemento hidráulico" ("Standard Specification for Ground Calcium Carbonate and Aggregate Mineral Fillers fo use in Hydraulic Cement Concrete"[32]), repercutió en el proceso de dosificación; se aclara que estos materiales pueden medirse de forma acumulativa en la báscula destinada a los materiales cementantes, siendo el último material en pesarse.

Se han revisado los detalles que deben figurar en la nota de entrega. Hace algunos años se eliminaron los límites numéricos relativos al tiempo y a las revoluciones del tambor hasta el punto de descarga del concreto. Actualmente, la norma exige que dichos límites se establezcan como requisitos específicos del proyecto y de la mezcla, acordados entre el productor y el comprador durante el proceso de pedido. Los límites así establecidos deben constar en la nota de entrega para conocimiento del comprador y del personal de la agencia de ensayos. Al igual que en el pasado, es posible prescindir de estos límites si la trabajabilidad es adecuada sin necesidad de añadir agua por encima de las proporciones aprobadas para la mezcla. La nota de entrega puede incluir la cantidad de agua que cabe añadir a la carga (agua retenida en el momento de la dosificación) a petición del comprador; varios productores incluyen esta información en las notas de entrega como práctica habitual.

Se introdujeron diversas actualizaciones en el proceso de producción: se establecieron requisitos para las celdas de carga; se clarificaron las exigencias de precisión en la dosificación de materiales cementantes y agregados; y se determinó que el agua de mezclado debe dosificarse con una precisión de ±1.5 % respecto al valor objetivo (definido en la norma), mientras que el agua total de mezcla, según lo establecido en el diseño de la misma, debe ajustarse a un margen de ±3 %.

Se han definido nuevos términos, como "muestra preliminar", utilizada para determinar si es necesario realizar ajustes a fin de alcanzar los valores objetivo de revenimiento (slump) y contenido de aire; y para la "muestra de aceptación" obtenida de conformidad con la norma ASTM C172/C172M, "Práctica estándar para el muestreo de concreto recién mezclado" ("Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete"[33]). El proceso completo de muestreo y ensayo se actualizó en la Sección 17. Si el revenimiento y el contenido de aire medidos en una muestra de aceptación no cumplen con los requisitos del pedido, es obligatorio realizar un ensayo de verificación con una nueva muestra. Además, para la aceptación por resistencia, se enfatiza que las probetas de ensayo deben someterse a curado normalizado de acuerdo con la norma ASTM C31/C31M, "Práctica estándar para la elaboración y curado de probetas de ensayo de concreto en obra" ("Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field"[34]).

La norma ASTM C94/C94M incluía anteriormente tres opciones para solicitar concreto: la opción (A) de "desempeño" (o de comportamiento), en la que el productor es responsable de dosificar la mezcla; la opción (B) "prescriptiva", en la que el comprador incluye detalles sobre la composición de la mezcla y asume la responsabilidad del desempeño; y una opción (C) "mixta", en la que el comprador especifica la resistencia requerida además de un contenido mínimo de materiales cementantes. La opción mixta (C) ha sido eliminada.

Otros cambios en la norma ASTM C94/C94M consistieron en utilizar de manera consistente los términos "materiales cementantes" en lugar de "cemento" y "productor" en lugar de "fabricante".

La norma ASTM C1778, "Guía estándar para reducir el riesgo de reacción deletérea álcali-agregado en el concreto", (Standard Guide for Reducing the Risk of Deleterious Alkali-Aggregate

Reaction in Concrete"[35]), fue revisada para describir mejor el enfoque de múltiples etapas para la reducción del riesgo de reacción álcali-agregado (AAR) ilustrado en el diagrama de flujo de la norma, y para actualizar las directrices de evaluación de fuentes de agregados respecto a las reacciones álcali-carbonato, ya sea mediante límites de composición o mediante ensayos según la norma ASTM C1105, "Método de ensayo estándar para el cambio de longitud del concreto debido a la reacción roca-álcali-carbonato", ("Standard Test Method for Length Change of Concrete Due to Alkali-Carbonate Rock Reaction"[36]). Dado que la norma ASTM C1778 es una guía redactada en términos no obligatorios, no puede citarse directamente en códigos o especificaciones. La norma AASHTO R 80, "Práctica estándar para determinar la reactividad de los agregados del concreto y seleccionar medidas adecuadas para prevenir la expansión perjudicial en nuevas construcciones de concreto", ("Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction"[37]), es una práctica estándar comparable, aunque no equivalente, que ahora incluye criterios recomendados para el uso de la norma AASHTO T 380, "Método de ensayo estándar para la reactividad potencial de los agregados frente a los álcalis y la eficacia de las medidas de mitigación de la reacción álcali-sílice (ASR) (Ensayo de prismas de concreto en miniatura, MCPT)" ("Standard Method of Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregates and Effectiveness of ASR Mitigation Measures (Miniature Concrete Prism Test, MCPT)"[38]), con el fin de determinar la reactividad de los agregados y evaluar la eficacia de las combinaciones de materiales cementantes con dichos agregados. Las directrices relativas a los métodos prescriptivos para mitigar la reacción álcali-sílice (ASR) se han actualizado sobre la base de investigaciones recientes[39].

La norma ASTM C1876, "Método de ensayo estándar para la resistividad eléctrica volumétrica o la conductividad volumétrica del concreto", ("Standard Test Method for Bulk Electrical Resistivity of Bulk Conductivity of Concrete"[40]), se cita en algunas especificaciones y está siendo considerada por los comités 332 (Trabajos de concreto residencial) y 321 (Código de durabilidad del concreto) del ACI para su inclusión como indicador de la permeabilidad del concreto en los códigos de concreto residencial y de durabilidad, respectivamente. Anteriormente, el método requería el curado y acondicionamiento de especímenes cilíndricos de ensayo de concreto en una solución preparada, diseñada para simular soluciones de poros de concreto. Este proceso requería una medición precisa y la disolución de tres sales en agua, lo que daba lugar a una solución difícil de desechar al finalizar el ensayo. En 2025 se añadió a la norma un nuevo Método B que permite acondicionar las probetas en agua saturada con cal. Ambos métodos exigen ahora también determinar la resistividad eléctrica global del concreto calculando el promedio de al menos tres probetas, en lugar de dos.

La norma ASTM C125/C125M, "Terminología estándar relativa al concreto y a los agregados para concreto", ("Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates"[41]), incorporó una definición de "concreto de bajo contenido de carbono" que se ajusta a la definición utilizada en el código ACI 323-24.[42]

A principios de este año, ASTM publicó tres nuevos métodos de ensayo para el concreto:

- ASTM C1953/C1953M-26, "Método de ensayo estándar para determinar el contenido de agua en mezclas cementicias frescas mediante evaporación rápida", ("Standard Test Method for Water Content in Fresh Cementitious Mixtures by Rapid Evaporation"[43]), tiene como objetivo determinar si el contenido de agua del concreto suministrado coincide con el previsto en el diseño de la mezcla. Se utiliza un horno de alta potencia, alimentado por un generador en la obra, para secar una muestra de concreto a unos 815 °C (1,500 °F) hasta alcanzar una masa constante, proceso que suele durar entre 15 y 25 minutos;
- ASTM C1959/C1959M-26, "Método de ensayo estándar para la medición sin contacto de las frecuencias de resonancia de cilindros de concreto" ("Standard Test Method for Non-Contact Measurement of Resonant Frequencies of Concrete Cylinders"[44]), es un método sin contacto para medir las frecuencias de resonancia longitudinales y transversales de los cilindros. Se emplean micrófonos para detectar la vibración de la probeta, en lugar de los sensores de contacto utilizados en la norma ASTM C215, "Método de ensayo estándar para las frecuencias de resonancia fundamentales transversales, longitudinales y de torsión de probetas de concreto" ("Standard Test Method

for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Resonant Frequencies of Concrete Specimens"[45]). Los sistemas basados en esta norma pueden realizar la adquisición y el procesamiento de datos mediante aplicaciones en teléfonos móviles y tabletas. Un anexo no obligatorio aborda el uso de los resultados para determinar el módulo de elasticidad dinámico y estimar la resistencia a la compresión de las probetas de ensayo.

- La norma ASTM C1963-26, "Método de ensayo normalizado para el coeficiente de permeabilidad al aire del concreto endurecido mediante el método de celda de vacío de doble cámara" ("Standard Test Method for Air-Permeability Coefficient of Hardened Concrete by the Double-Chamber Vacuum Cell Method"[46]), es un método de ensayo para determinar dicho coeficiente en concreto endurecido. Este método permite obtener mediciones "in situ" de las características de permeabilidad del recubrimiento de concreto. La permeabilidad al aire medida se ve afectada por el nivel de saturación, parámetro que el dispositivo intenta normalizar; sin embargo, no se ve afectada por la conductividad de la solución en los poros del concreto.

Conclusiones

El lema del ACI es "Siempre avanzando", principio que también se aplica a las normas sobre cemento y concreto. Muchos de los cambios descritos en este artículo repercutirán en la labor de ingenieros, productores de materiales, contratistas, estudiantes y profesores. Este artículo presenta solo una pequeña muestra de la importante labor de revisión y desarrollo de nuevas normas. El proceso de consenso en la elaboración de normas fomenta una amplia participación y el debate, así como el análisis de las repercusiones de los cambios propuestos y de las nuevas normas. Esto aporta solidez y legitimidad al producto final, razón por la cual dichas normas se utilizan tan extensamente en los documentos del ACI. Los autores animan a los miembros del ACI a considerar su participación en el desarrollo de estas normas, que influyen tanto en su trabajo como en la industria del cemento y el concreto.

Referencias

1. ACI Committee 318, "Building Code for Structural Concrete—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-318-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 702 pp.
2. ACI Committee 301, "Specifications for Concrete Construction (ACI SPEC-301-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 pp.
3. ACI Committee 201, "Durable Concrete—Guide (ACI PRC-201.2-23)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2023, 99 pp.
4. USGS, "Cement in December 2025," Mineral Industry Survey, U.S. Geological Survey, April 2026, https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/mis-202512-cemen.pdf. (last accessed Aug. 3, 2026)
5. ASTM C595/C595M-26, "Standard Specification for Blended Hydraulic Cements," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 10 pp. doi: 10.1520/C0595_C0595M-26
6. AASHTO M 240M/M 240-26, "Standard Specification for Blended Hydraulic Cement," American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2026.
7. ASTM C1157/C1157M-25, "Standard Performance Specification for Hydraulic Cement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 5 pp. doi: 10.1520/C1157_C1157M-25
8. Weitzel, N.; Lopez, S.; Van Dam, T.; and Sutter, L., Development of Mix Designs and Matrix of Materials for MnROAD Low Carbon Concrete Test Site, Final Report, Report No. MN NRRA202401, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN, 291 pp., https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/75584/dot_75584_DS1.pdf. (last accessed Aug. 3, 2026)
9. ASTM C150/C150M-24, "Standard Specification for Portland Cement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2024, 9 pp. doi: 10.1520/C0150_C0150M-24
10. AASHTO M 85-24, "Standard Specification for Portland Cement," American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2024.
11. ASTM C1012/C1012M-24a, "Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2024, 9 pp. doi: 10.1520/C1012_C1012M-24A
12. ASTM C452/C452M-26, "Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 4 pp. doi: 10.1520/C0452_C0452M-26.

13. Gagatek, D., and Hooton, R.D., “Assessing Performance of Sulfate-Resistant Portland Cements,” ACI Materials Journal, V. 116, No. 6, Nov. 2019, pp. 227-233. doi: 10.14359/51718056
14. Giannini, E.R., and Niemuth, M., “Performance of Portland and Portland-Limestone Cements in ASTM C452 and ASTM C1012 Testing,” SN3355, American Cement Association, Washington, DC, 2025, 27 pp. doi: 10.70909/pca.2025.SN3355
15. CSA A3001:23, “Cementitious Materials for Use in Concrete,” CSA Group, Toronto, ON, Canada, 2023.
16. ASTM C151/C151M-23, “Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 4 pp. doi: 10.1520/C0151_C0151M-23
17. ACI Committee 232, “Report on the Use of Fly Ash in Concrete (ACI PRC-232.2-18),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 56 pp.
18. ACI Committee 232, “Report on the Use of Raw or Processed Natural Pozzolans in Concrete (ACI PRC-232.1-12),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2012, 29 pp.
19. EN 197-1:2011, “Cement - Part 1: Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements,” CEN, Brussels, 2011, 42 pp.
20. ASTM C1866/C1866M-25, “Standard Specification for Ground-Glass Pozzolan for Use in Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 5 pp. doi: 10.1520/C1866_C1866M-25
21. ASTM C1912/C1912M-26, “Standard Specification for Supplementary Cementitious Material for Use in Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 10 pp. doi: 10.1520/C1912_C1912M-26
22. ASTM C618-26, “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 5 pp. doi: 10.1520/C0618-26
23. ASTM C1897-20, “Standard Test Methods for Measuring the Reactivity of Supplementary Cementitious Materials by Isothermal Calorimetry and Bound Water Measurements,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 5 pp. doi: 10.1520/C1897-20
24. ASTM C1827-20, “Standard Test Method for Determination of the Air-Entraining Admixture Demand of a Cementitious Mixture,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 5 pp. doi: 10.1520/C1827-20
25. ASTM C1952-25, “Standard Test Method for Determination of Bulk Resistivity Index of Mortar Cubes using Bulk Electrical Resistivity Measurements,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 5 pp. doi: 10.1520/C1952-25
26. AASHTO M 363M/M 363-26, ”Standard Specification for Supplementary Cementitious Materials for Use in Concrete,” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2026.
27. ASTM C1945-26b, ”Standard Specification for Natural Pozzolan for Use in Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 5 pp. doi: 10.1520/C1945-26B
28. AASHTO M 295-26, “Standard Specification for Coal Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete,” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2026.
29. AASHTO M 359-26, ”Standard Specification for Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete,” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2026.
30. ASTM C1697-25a, “Standard Specification for Blended Supplementary Cementitious Materials,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 6 pp. doi: 10.1520/C1697-25A
31. ASTM C94/C94M-26c, “Standard Specification for Ready-Mixed Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 16 pp. doi: 10.1520/C0094_C0094M-26
32. ASTM C1797-24, “Standard Specification for Ground Calcium Carbonate and Aggregate Mineral Fillers for use in Hydraulic Cement Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2024, 8 pp. doi: 10.1520/C1797-24
33. ASTM C172/C172M-25, “Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 3 pp. doi: 10.1520/C0172_C0172M-25
34. ASTM C31/C31M-26a, “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 7 pp. doi: 10.1520/C0031_C0031M-26A
35. ASTM C1778-25, “Standard Guide for Reducing the Risk of Deleterious Alkali-Aggregate Reaction in Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 12 pp. doi: 10.1520/C1778-25
36. ASTM C1105-23a, “Standard Test Method for Length Change of Concrete Due to Alkali-Carbonate Rock Reaction,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 6 pp. doi: 10.1520/C1105-23A
37. AASHTO R 80-26, “Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction,” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2026.
38. AASHTO T 380-26, “Standard Method of Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregates and Effectiveness of ASR Mitigation Measures (Miniature Concrete Prism Test, MCPT),” American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2026.

39. Drimalas, T.; Folliard, K.J.; Ideker, J.H.; Parashar, A.; Thomas, M.D.A.; Ghanizadeh, A.; Hossack, A.M.; and Fournier, B., "APPENDIX D: Recommended Changes to Guidelines," Appendix to NCHRP Report 1083, Alkali-Silica Reactivity Potential and Mitigation: Test Methods and State of Practice (NCHRP Project 10-103), National Academies, 2023, 13 pp., https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_1083D.pdf. (last accessed Aug. 3, 2026)
40. ASTM C1876-25, "Standard Test Method for Bulk Electrical Resistivity or Bulk Conductivity of Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2025, 8 pp. doi: 10.1520/C1876-25
41. ASTM C125/C125M-26b, "Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 10 pp. doi: 10.1520/C0125_C0125M-26B
42. ACI Committee 323, "Low-Carbon Concrete—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-323-24)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2024, 25 pp.
43. ASTM C1953/C1953M-26, "Standard Test Method for Water Content in Fresh Cementitious Mixtures by Rapid Evaporation," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 8 pp. doi: 10.1520/C1953_C1953M-26
44. ASTM C1959/C1959M-26, "Standard Test Method for Non-Contact Measurement of Resonant Frequencies of Concrete Cylinders," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 9 pp. doi: 10.1520/C1959_C1959M-26
45. ASTM C215-19, "Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Resonant Frequencies of Concrete Specimens," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019, 7 pp. doi: 10.1520/C0215-19
46. ASTM C1963-26, "Standard Test Method for Air-Permeability Coefficient of Hardened Concrete by the Double-Chamber Vacuum Cell Method," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2026, 12 pp. doi: 10.1520/C1963-26

Eric R. Giannini, FACI, es Director de Normas de Producto y Tecnología de la American Cement Association (ACA), en Washington, DC, EE. UU. Es Secretario del Comité 323 del ACI, Código para Concreto de Bajas Emisiones de Carbono, y participa en varios otros comités del ACI, entre ellos el 123, Investigación y Desarrollos Actuales; el 225, Cementos Hidráulicos; el 228, Ensayos No Destructivos; y el Comité de Temas de Actualidad. En ASTM International, es Presidente del Subcomité C09.64, Ensayos No Destructivos del Concreto, y Secretario del Subcomité C01.10, Cementos Hidráulicos. Obtuvo su licenciatura (BS) en Ingeniería Civil por la University of Virginia, Charlottesville, Virginia, EE. UU., en 2002, y sus grados de Maestría en Ciencias de la Ingeniería (MSE) y Doctorado (PhD) en Ingeniería Civil por The University of Texas at Austin, Austin, Texas, EE. UU., en 2009 y 2012, respectivamente. Es ingeniero profesional con licencia en Virginia.



Colin L. Lobo, FACI, es Vicepresidente Ejecutivo de la División de Ingeniería de la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA), en Alexandria, Virginia, EE. UU. Es Secretario de los Comités 329 del ACI, Criterios de Desempeño para Concreto Premezclado, y 321-TG4, Construcción/Calidad. Lobo participa en varios comités del ACI, entre ellos el 132, Responsabilidad en la Construcción de Concreto; el 301, Especificaciones para la Construcción con Concreto; el 318, Código de Construcción para Estructuras de Concreto; y el 329, Criterios de Desempeño para Concreto Premezclado. Obtuvo su licenciatura (BE) en Ingeniería Civil por la University of Mysore, Mysore, Karnataka, India; su maestría (MS) por Northeastern University, Boston, Massachusetts, EE. UU.; y su doctorado (PhD) por Purdue University, West Lafayette, Indiana, EE. UU. Es ingeniero profesional con licencia en Maryland.



Título original en inglés:
Significant Recent Revisions
to Cement and Concrete Standards

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Ecuador Centro y Sur



Traducción y Revisión Técnica:
Ing. Santiago Vélez Guayasamín MSC DIC



05

Constructibilidad del Concreto: Principales Hallazgos de una nueva encuesta

Identificación de problemas de constructibilidad antes de que lleguen a la obra

por Michelle Calcagno y Phil Diekemper

Una vez que un problema de constructibilidad llega a la obra, el equipo del proyecto ya ha perdido su mejor oportunidad para resolverlo de manera eficiente. Lo que podría haberse abordado durante la planificación o el diseño puede convertirse en una solicitud de información (RFI), un conflicto en campo, un retraso en el vaciado, un rediseño o una alteración del cronograma. En la construcción con concreto reforzado, los problemas detectados tardíamente pueden afectar no solo al acero de refuerzo en sí, sino también al vaciado del concreto, su consolidación, la secuencia de ejecución, la productividad, los costos y la seguridad.

Esta realidad dio origen a la Iniciativa de Constructibilidad del Instituto del Acero de Refuerzo para el Concreto (Concrete Reinforcing Steel Institute, CRSI). Lanzada en 2025 en colaboración con PRO: Centro de Excelencia del ACI para el Avance de la Productividad (ACI Center of Excellence for Advancing Productivity) y la Sociedad Americana de Contratistas de Concreto (American Society of Concrete Contractors, ASCC), esta iniciativa busca ayudar a la industria a identificar y resolver problemas de constructibilidad del concreto reforzado antes de que se conviertan en problemas en campo.

Un desafío persistente en la industria

A principios de 2026, el CRSI realizó una encuesta aplicada en toda la industria[1] para comprender mejor dónde se presentan los problemas de constructibilidad y con qué frecuencia ocurren. Los 246 encuestados representaban una amplia muestra del sector del concreto reforzado, incluyendo:

- Ingenieros de diseño (37.8%);
- Colocadores de acero de refuerzo (21.1%);
- Detalladores de acero de refuerzo (8.5%);
- Fabricantes de acero de refuerzo (6.9%);
- Contratistas generales (4.9%);
- y otros (20.7%), entre los que se incluyen subcontratistas de concreto, consultores, inspectores, docentes, proveedores de materiales, organismos gubernamentales, entre otros.

Los encuestados contaban con amplia experiencia. Más del 65% indicó tener más de 20 años de experiencia en la industria (Fig. 1). Asimismo, la muestra no se limitó a miembros del CRSI o de la ASCC; el 65% no pertenecía a ninguna de las dos organizaciones. Por lo tanto, los resultados reflejan una amplia perspectiva de la industria.

Los resultados fueron claros: los problemas de constructibilidad son frecuentes. Solo el 3.3% de los encuestados indicó que “rara vez” encuentra problemas de constructibilidad relacionados con el detallado o la instalación del acero de refuerzo. En contraste, el 61% señaló que encuentra estos problemas “casi siempre” o “con frecuencia”. Es importante destacar que los datos desmienten la idea de que la constructibilidad del acero de refuerzo es principalmente una preocupación en zonas de alta sismicidad. Una parte importante de los encuestados (53.8%) trabaja en zonas de bajo riesgo sísmico, mientras que el 38.2% trabaja en zonas de alto riesgo sísmico.



Fig. 1: Resultados de la pregunta núm. 2 de la encuesta de constructibilidad del CRSI

¿Por qué es importante actuar a tiempo?

Un enfoque centrado en la constructibilidad genera el mayor valor cuando se actúa desde las primeras etapas. PRO define la constructibilidad como la integración efectiva del conocimiento de construcción en la planificación y el diseño de un proyecto, con el fin de optimizar los costos y los plazos de construcción y maximizar el valor para el propietario. El CRSI aplica este concepto específicamente al acero de refuerzo, definiendo la constructibilidad del acero de refuerzo como la facilidad, eficiencia y seguridad con que las barras de acero de refuerzo pueden ser detalladas, fabricadas e instaladas durante la construcción de una estructura de concreto reforzado. La investigación de la industria refuerza el valor de actuar de manera temprana. El grupo de trabajo del Instituto de la Industria de la Construcción (Construction Industry Institute, CII) ha informado que los esfuerzos de constructibilidad realizados en las etapas iniciales pueden reducir los costos y los plazos del proyecto, y pueden representar un retorno de 10:1 sobre la inversión del propietario[2]. La Curva de MacLeamy (Fig. 2) ilustra visualmente este mismo principio: la capacidad de influir en los resultados del proyecto es mayor en las primeras etapas, mientras que el costo de realizar cambios aumenta considerablemente a medida que el proyecto avanza hacia la etapa de construcción.

A pesar de este principio ampliamente conocido, la encuesta del CRSI muestra que los problemas de constructibilidad con frecuencia siguen detectándose en etapas tardías. En el caso de los problemas relacionados con el concreto o el cimbrado, el 55.4% de los encuestados indicó que los problemas se detectan con mayor frecuencia en obra durante la construcción, en comparación con solo el 5.4% que señaló que se detectan durante la planificación y la etapa previa a la construcción. En el caso de los problemas relacionados con el detallado o la colocación del acero de refuerzo, el 44.6% indicó que se detectan con mayor frecuencia en obra durante la construcción, mientras que solo el 4.4% señaló que se detectan durante la planificación y la etapa previa a la construcción.

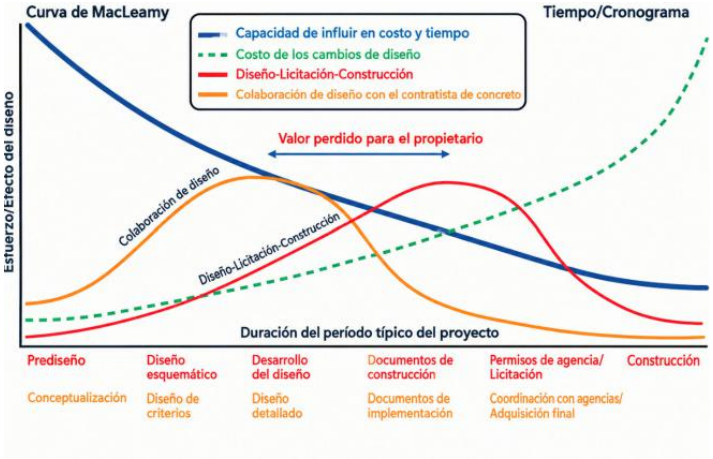


Fig. 2: La Curva de MacLeamy demuestra los beneficios de la colaboración temprana[2]



Fig. 3: Resultados de la pregunta núm. 5 de la encuesta de constructibilidad del CRSI

Donde comienzan los problemas

Los documentos de diseño de construcción proporcionan a los contratistas la información necesaria para planificar y ejecutar los trabajos, mediante planos coordinados que reflejan las tolerancias de las distintas especialidades y las condiciones reales de construcción. Cuando los documentos están incompletos, descoordinados o no son claros, las consecuencias se extienden a lo largo del proyecto, incluyendo solicitudes adicionales de información (RFI), retrabajos, conflictos entre especialidades, retrasos e impactos en los costos.

La encuesta preguntó si los planos estructurales presentaban un problema de constructibilidad. Casi la mitad de los encuestados (49%) indicó que los planos estructurales "a menudo o casi siempre" contienen o generan problemas de constructibilidad. Al preguntarles qué elementos estructurales son más propensos a presentar desafíos de constructibilidad, los encuestados identificaron todos los elementos, siendo las vigas, los muros de corte, las columnas y las juntas

algunos de los más mencionados. Los encuestados identificaron las zonas congestionadas del acero de refuerzo como el problema de constructibilidad del acero de refuerzo que encuentran con mayor frecuencia (Fig. 3).

Los encuestados también identificaron formas prácticas de mejorar la coordinación y la constructibilidad, entre ellas, mejorar las prácticas de detallado de diseño, involucrar más tempranamente a los detalladores de acero de refuerzo y realizar revisiones de constructibilidad durante la etapa de diseño. En conjunto, estas respuestas señalan una necesidad de la industria: una mayor capacitación en constructibilidad y una colaboración más temprana entre propietarios, diseñadores, contratistas, detalladores, fabricantes y colocadores, que permita aprovechar los conocimientos, la experiencia y las habilidades relacionadas con la construcción.

Aprovechando los recursos existentes

La iniciativa de constructibilidad del CRSI forma parte de un compromiso de largo plazo para mejorar el diseño y la construcción de estructuras de concreto armado. Desde su fundación en 1924, el CRSI ha trabajado para mejorar la constructibilidad en la industria del concreto armado. Su colaboración con el ACI comenzó en 1928 y continúa hasta la actualidad. El trabajo del comité conjunto ACI-CRSI-315 Detallado del acero de refuerzo (Joint ACI-CRSI Committee 315, Details of Concrete Reinforcement), es un ejemplo de ello.

El Comité Conjunto 315 elaboró la guía ACI PRC-315-18, Guia para presentar los detalles del acero de refuerzo ("Guide to Presenting Reinforcing Steel Desing Detils"[3], que ayuda a los ingenieros de diseño a comunicar claramente la intención del diseño en los planos estructurales. El Capítulo 5, Diseñando para la costructibilidad ("Desingnig for Constructability"), está dedicado a los detalles de construcción. El comité también produjo la serie Detallado de esquina (Detailing Corner) para "*Concrete International*" entre 2008 y 2013, abordando problemas comunes de detallado y respondiendo a las RFI de detalladores de acero de refuerzo, ingenieros estructurales e ingenieros de construcción. La guía ACI PRC-315-18 y varios de los artículos de Detallado de esquina (Detailing Corner), así como más de 100 detalles individuales que han sido revisados en términos de constructibilidad, se encuentran en el ACI MNL-66, Manual de detallado del ACI ("ACI Detailing Manual"[4]). Cada detalle también incluye notas para el usuario como recordatorio de los principales requisitos del código que deben cumplirse para ese detalle en particular, así como enlaces a los artículos pertinentes de Detallado de esquina (Detailing Corner). Los detalles están disponibles como planos CAD descargables.

El CRSI Comité de detallado del refuerzo (Reinforcement Detailing Committee) está desarrollando la Norma para el Detallado de las Barras de Refuerzo ("CRSI Standard for Detiailing of Steel Reinforcing Bars"), una nueva norma del American National Standards Institute (ANSI) destinada a orientar a los profesionales de diseño acreditados y a los detalladores de acero de refuerzo. La norma explicará cómo identificar la información y los detalles de diseño necesarios para preparar los detalles de fabricación y los planos de colocación del acero de refuerzo. También hará énfasis en una comunicación clara y completa para ayudar a los detalladores de acero de refuerzo a interpretar correctamente la intención del diseño y presentarla de manera inequívoca para su fabricación y colocación.

El CRSI está desarrollando listas de verificación complementarias para profesionales de diseño acreditados y detalladores de acero de refuerzo. Estas listas de verificación aclararán la información de diseño, los requisitos de cumplimiento e inspección y las recomendaciones de comunicación, con ejemplos destinados a mejorar la calidad y utilidad de los documentos de construcción y los planos de colocación.

En 2024, el Comité de detallado del refuerzo (Reinforcement Detailing Committee) publicó la serie Beneficios del Modelado de la Información para los Edificios (Benefits of Building Information Modeling, BIM). La serie Beneficios de BIM identifica las ventajas de utilizar software BIM para los diferentes participantes de un proyecto. Esta serie también muestra cómo el software BIM puede servir como una herramienta visual para identificar problemas de constructibilidad antes de que comience el proceso de construcción. La serie Beneficios de BIM y la serie Detallado de esquina (Detailing Corner) están disponibles de forma gratuita en ***www.crsi.org***.

El Plano de Constructibilidad ("Constructability Blueprint"[5]) de PRO es un recurso para abordar este desafío. Este recurso técnico integral, disponible para descarga gratuita, está organizado en tres secciones: el valor de la colaboración en el diseño, los principios del diseño de construcción y las directrices específicas para cada sistema. En conjunto,

proporcionan a los miembros del equipo del proyecto, como el propietario, el diseñador y el contratista, un lenguaje y un marco de referencia comunes para hacer que la construcción sea productiva desde las primeras etapas de un proyecto. El mensaje central del Blueprint es práctico y específico. En lo que respecta al encofrado, por ejemplo, explica cómo decisiones de diseño aparentemente triviales pueden incrementar considerablemente el costo y la complejidad de las operaciones de cimbrado. El cimbrado puede representar hasta el 50% del costo de la estructura de concreto. Un diseñador que comprende que los cimbrados modulares requieren repetición dimensional para alcanzar su potencial de productividad, o que las dimensiones de las columnas no deberían cambiar más de una vez cada 10 pisos para permitir la reutilización de la cimbra, puede eliminar desperdicios significativos sin comprometer la intención arquitectónica o estructural de un proyecto.

Nuevas herramientas para decisiones tempranas

El CRSI también está desarrollando recursos adicionales que mejorarán el diseño, el detallado y la construcción de estructuras de concreto reforzado, mediante la mejora de la calidad de los documentos de construcción, la optimización de la producción de los planos de colocación, la mejora de la constructibilidad y la simplificación de la instalación del acero de refuerzo.

Los recursos del CRSI en desarrollo incluyen:

- Una herramienta de diseño en línea para constructibilidad, que ayudará a visualizar cómo encaja el acero de refuerzo dentro de los elementos y señalará cualquier problema de constructibilidad;
- Una publicación titulada Detallado de las Barras para Constructibilidad (Rebar Detailing for Costructability), que proporcionará orientación general para mejorar la constructibilidad en proyectos de concreto armado y prácticas recomendadas de detallado;
- Una biblioteca digital de detalles de acero de refuerzo orientados a la constructibilidad, respaldados por colocadores, fabricantes, detalladores y contratistas, que abordará de manera proactiva los desafíos de constructibilidad que se encuentran comúnmente; los detalles estarán disponibles en diversos formatos bidimensionales (2-D) y tridimensionales (3-D), que podrán buscarse y descargarse;
- Una nueva página web sobre constructibilidad en el sitio web del CRSI, que albergará recursos de constructibilidad y las bibliotecas digitales de detalles;
- Un módulo de constructibilidad para la aplicación del CRSI;
- Materiales de capacitación para universidades, firmas de ingeniería, firmas de arquitectura y detalladores; y
- Un Programa de Certificación en Constructibilidad del Acero de Refuerzo dirigido a ingenieros estructurales y otros profesionales de la industria.

Un llamado a incorporar la constructibilidad desde las primeras etapas

La industria del concreto armado ya cuenta con evidencia de que incorporar conocimientos de constructibilidad desde las primeras etapas del proceso de diseño mejora los resultados. Ahora, los datos de la encuesta demuestran claramente que todavía se están detectando demasiados problemas en campo. El siguiente paso no consiste simplemente en crear más recursos, sino en garantizar que estos recursos se utilicen conjuntamente con la asistencia de diseño por parte de los contratistas.

Los propietarios pueden solicitar conocimientos y capacitación en constructibilidad. Los diseñadores pueden involucrar antes a contratistas y detalladores. Los contratistas, fabricantes, colocadores y detalladores pueden compartir sus conocimientos prácticos antes de que los planos estén completos. Los educadores y las organizaciones de la industria pueden contribuir a consolidar la constructibilidad como un componente fundamental de la formación en diseño y construcción de concreto armado.

La oportunidad está al alcance. Al incorporar la constructibilidad desde las primeras etapas, la industria puede reducir las RFI, mejorar la coordinación, simplificar la instalación del acero de refuerzo, fortalecer la productividad y lograr mejores proyectos de concreto tanto para los propietarios como para los equipos de proyecto.

Referencias

1. Concrete Reinforcing Steel Institute, CRSI Industry Survey on Constructability, CRSI, Schaumburg, IL, 2026, www.crsi.org.
2. Bryson, B.W., and Yetmen, C., “The Owner’s Dilemma: Driving Success and Innovation in the Design and Construction Industry,” Östberg Library of Design Management, Greenway Communications, Georgia, 2010, 245 pp.
3. ACI Committee 315, “Guide to Presenting Reinforcing Steel Design Details (ACI PRC-315-18),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 50 pp.
4. ACI MNL-66(20), “ACI Detailing Manual,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 500 pp.
5. PRO: An ACI Center of Excellence for Advancing Productivity, “Constructability Blueprint,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2026, www.concreteproductivity.org/constructabilityblueprint.aspx. (last accessed Sept. 2, 2026)

Seleccionado por los editores por su interés para los lectores.

Recursos adicionales

ACI

ACI ofrece recursos sobre constructibilidad a través de ACI University, como el Concrete Constructability Certificate Program, así como cursos bajo demanda: “What I Want New Engineers to Know About Constructability”; “Constructability Series: Developing Specifications for Constructable Concrete”; “Productivity in the Concrete Industry: Why Has it Stagnated and How Can ACI Help?”; y “Designing for Constructability”. Para obtener más información sobre ACI University, visite ***www.concrete.org/education/aciuniversity.aspx.***

Además, el ACI Committee 134, Concrete Constructability, fue establecido con la misión de desarrollar e informar sobre las mejores prácticas para la constructibilidad de estructuras de concreto.

CRSI

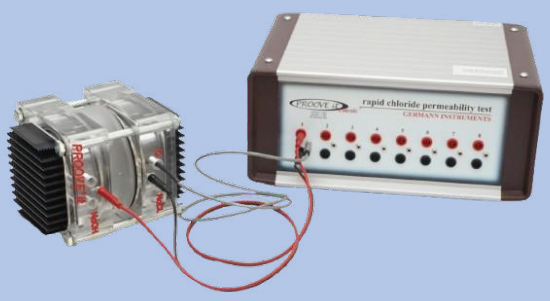
Para recibir actualizaciones sobre la publicación de documentos y otros recursos del CRSI, cree una cuenta en ***www.crsi.org***. Los resultados de la CRSI Constructability Survey pueden consultarse en ***www.crsi.org/constructability***.

El CRSI ofrece orientación relacionada con la constructibilidad a través de sus guías de diseño y listas de verificación, entre ellas, Design Guide on the ACI 318 Building Code Requirements for Structural

GI Germann Instruments
The Pioneer of Innovative Nondestructive Test Systems for Concrete

Proove’IT

El sistema PROOVE’it es un equipo de laboratorio diseñado para evaluar la resistencia del concreto a la penetración de iones cloruro, un parámetro clave para estimar la durabilidad de estructuras reforzadas.



Normativa aplicada:

El equipo permite realizar múltiples ensayos estandarizados, incluyendo ASTM C1202 (RCPT), ASTM C1760 (conductividad eléctrica) y métodos de migración de cloruros como NT Build 492 o EN 12390-18.

El PROOVE’it cuenta con hasta ocho canales de medición simultáneos, control preciso de voltaje y software de adquisición de datos, lo que facilita el control de calidad, la optimización de mezclas y el diseño de vida útil de estructuras.

Contáctanos

Productos

germann@germann.org
8845 Forestview Rd Evanston IL, 60293 USA

Michelle Calcagno, miembro del ACI, es Directora de Recursos Técnicos del Concrete Reinforcing Steel Institute (CRSI). Cuenta con 18 años de experiencia en la industria de la construcción, incluidos 15 años como trabajadora de concreto especializada en edificios altos y puentes de concreto armado. Calcagno ha participado en varios proyectos destacados que contribuyeron a definir el perfil urbano de Chicago, IL, EE. UU., entre ellos Aqua Tower, 340 East Randolph, Millennium Park y la reconstrucción de Wacker Drive. Con un fuerte enfoque en la constructibilidad, combina su experiencia práctica con una sólida formación en ingeniería. Calcagno es Secretaria del Joint ACI-CRSI Committee 315, Details of Concrete Reinforcement. Obtuvo su licenciatura (BS) en ingeniería civil, summa cum laude, de la University of Illinois at Chicago, Chicago, IL, y su maestría (MS) en ingeniería civil de la University of California, Berkeley, Berkeley, CA, EE. UU.



Phil Diekemper es Director Ejecutivo de PRO: An ACI Center of Excellence for Advancing Productivity. Cuenta con más de 40 años de experiencia en la industria del concreto, comenzando como detallador de acero de refuerzo y diseñador de encofrados, y posteriormente desempeñándose como Vicepresidente Sénior de Ceco Concrete Construction. Ha supervisado proyectos de concreto en todo Estados Unidos y en el Sudeste Asiático. Diekemper obtuvo su licenciatura (BS) en ingeniería civil de la University of Illinois, con especialización en estructuras. Posteriormente obtuvo su MBA de Seattle University, Seattle, WA, EE. UU., formación que respalda su marcado enfoque empresarial dentro de la industria.

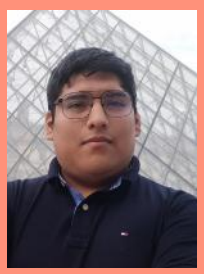


Artículo original para revista

Concrete Constructability: New survey key findings

Finding constructability problems before they reach the jobsite

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Perú



Traducción:
Kevin Wilmar Centeno Aguirre



Revisión Técnica:
Karen Jhazmin Valencia Cruz

Juntas de Expansión en Estructuras de Concreto

Declaración # 51

Las juntas de expansión están diseñadas para limitar las fuerzas internas que resultan de cambios volumétricos, permitiendo así que los segmentos adyacentes del edificio se expandan o contraigan sin comprometer la integridad estructural ni las condiciones de servicio. Al permitir este movimiento controlado, las juntas de expansión ayudan a evitar agrietamientos. Para lograr una planeación, cimbrado e instalación exitosos se requiere tomar decisiones coordinadas de diseño y construcción antes del cimbrado y la colocación.

No obstante, en la práctica los contratistas de concreto reportan cada vez con mayor frecuencia que la coordinación del diseño es deficiente. Las deficiencias resultantes demoran la construcción e incrementan los costos del proyecto, lo que hace que se requieran órdenes de cambio para solucionar los problemas de coordinación de diseño. En consecuencia, se demora la construcción y se incrementan los costos a medida que surge la necesidad de órdenes de cambio para compensar la falta de coordinación de diseño.

Los contratistas de concreto de la Asociación Americana de Contratistas de Concreto (ASCC por sus siglas en inglés) esperan que la coordinación de diseño incluya:

- Especificación de tolerancias de construcción para cimbras y colocación de concreto;
- Revisión y coordinación del diseño del espacio reservado para la junta de expansión con las instrucciones de instalación impresas del fabricante para la junta de expansión que se especifique, incluyendo todos los requerimientos de tolerancia y acabado de la superficie;
- Estimación de los movimientos de la losa que ocurren después del cimbrado y colocación, pero antes de la instalación de las juntas y atención a este movimiento en el diseño del sistema de las juntas de expansión;
- Determinación de los tiempos de instalación, ya sean basados en la antigüedad del concreto (por ejemplo, de 3 o 6 meses posteriores a su colocación), – el espacio necesario entre los bordes del concreto (máximo, mínimo o promedio) o la temperatura del concreto; y
- Atención a la protección y reparación de juntas.

La coordinación eficaz del diseño de estos factores es esencial para lograr la construcción exitosa de juntas de expansión.

En la revista *Concrete International (CI)*, sección de preguntas y respuestas, se abordó el tema: "Conferencia de Preconstrucción de Juntas de Expansión para Estructuras Postensadas de Estacionamientos de Concreto", ("Expansion Joint Preconstructon Conference for Post-Tensioned Concrete Parking Structures"[1]) y en ella, aparece una disertación exhaustiva sobre la coordinación del diseño para juntas de expansión en estructuras de concreto. Aunque se aborda dentro del marco de estructuras postensadas de estacionamiento, los principios aplican a las estructuras de concreto reforzadas y postensadas de todo tipo, debido a que los problemas de las juntas de expansión que se presentan no son específicos de un solo tipo de estructuras. Este artículo incluye una lista de verificación de coordinación de diseño y construcción.

Algunos diseñadores afirman que las responsabilidades de coordinación recaen sobre el contratista general o gerente de construcción y sobre el contratista de concreto. Ahora bien, tal como se explica en *CI* sección de preguntas y respuestas, "Tolerancias de coordinación" ("Coordinating Tolerances"[2]), el profesional de diseño es el único responsable del diseño y no se encuentra dentro de las obligaciones del contratista respecto a la "coordinación de la obra."

Los contratistas de concreto realizan su trabajo de conformidad con la Especificación CSI Sección 03 30 00, "Concreto colado in situ" ("Cast in place concrete"[3]), que requiere cumplimiento con ACI SPEC-117-10, "Especificaciones para tolerancias de construcción en concreto y sus materiales" ("Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials"[4]). Si las tolerancias ACI SPEC-117 son incompatibles con la junta de expansión seleccionada y con los requerimientos

de instalación del fabricante, el especificador debe elegir un sistema de juntas de expansión diferente o proporcionar tolerancias revisadas en los documentos del contrato. El requerimiento se robustece en ACI PRC-117.1.-14, "Guía para compatibilidad de tolerancia para construcción en concreto" ("Guide for Tolerance Compatibility in Concrete Construction"[5]), cuya Sección 5.10.2.1 indica: "El arquitecto o el ingeniero debe incluir en los documentos del contrato requerimientos específicos para tolerancias relacionadas con juntas de expansión y sus espacios de reserva"[5].

Los contratistas de concreto de la ASCC cumplirán con los requerimientos de la Sección 03 30 00 y con las tolerancias que se especifican en ACI SPEC-117-10(15), cuando se integren en los documentos del contrato. La ASCC recomienda que el propietario incluya en el presupuesto de licitación una partida de contingencia – determinada por el arquitecto o el ingeniero basado en el sistema de juntas de expansión especificado y sus requerimientos de instalación – para cualquier desbastado o resane necesario para resolver incompatibilidades entre tolerancias. Si la coordinación del diseño se pospone hasta la construcción, los costos de reparación pueden alcanzar los 100 dólares estadounidenses por pie lineal de juntas de expansión. Los contratistas de la ASCC prefieren que esta coordinación ocurra antes de la construcción y colaborarán con especificadores, arquitectos, ingenieros y contratistas generales para abordar estos problemas con anticipación.

Referencias

1. CI Concrete Q&A, "Expansion Joint Preconstruction Conference for Post-Tensioned Concrete Parking Structures," Concrete International, V. 48, No. 6, June 2026, pp. 67-72, doi: 10.14359/51751766.
2. CI Concrete Q&A, "Coordinating Tolerances," Concrete International, V. 43, No. 6, June 2021, pp. 71-72. doi: 10.14359/51732879.
3. CSI, "Specification 03 30 00, Cast-in-Place Concrete," Construction Specifications Institute, www.csiresources.org.
4. ACI Committee 117, "Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI SPEC-117-10) and Commentary (Reapproved 2015)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2010, 76 pp.
5. ACI Committee 117, "Guide for Tolerance Compatibility in Concrete Construction (ACI PRC-117.1-14)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 47 pp.

Los editores presentan esta declaración de posición de la American Society of Concrete Contractors para interés del lector. Las opiniones expresadas no necesariamente son las del American Concrete Institute. Se invita al lector a expresar sus comentarios.

AMERICAN SOCIETY OF CONCRETE CONTRACTORS
Enhancing the Capabilities of Those Who Build with Concrete

Título original en inglés:

American Society of Concrete Contractors Position Statement #51

Expansion Joints in Concrete Structures

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo México Centro y Sur



Traducción:
Lic. Ana P. García Medina.



Revisión Técnica:
Dr. Esteban Astudillo de la Vega

Sostenibilidad y Resiliencia

P1. *¿Qué significan la sostenibilidad y la resiliencia para el ACI y NEU?*

R1. La sostenibilidad y la resiliencia son prioridades complementarias para el ACI y NEU: Centro de Excelencia del ACI para el Concreto Carbono Neutral (NEU: An ACI Center of Excellence for Carbon Neutral Concrete).

La sostenibilidad se enfoca en reducir del impacto ambiental del concreto, (particularmente el carbono incorporado), al tiempo en que se mantiene el desempeño, la seguridad y la asequibilidad que requiere el entorno construido. La resiliencia se centra en garantizar que las estructuras de concreto sean durables, seguras, y capaces de resistir y recuperarse de amenazas, impactos climáticos y las exigencias de servicio a largo plazo. En conjunto, estas prioridades respaldan una industria del concreto que construye responsablemente en la actualidad, a la vez que genera valor duradero para las comunidades en el futuro. Como Centro de Excelencia, NEU lidera los esfuerzos del ACI para promover materiales y tecnologías sostenibles, resilientes y con bajas emisiones de carbono.

P2. *¿Cómo funcionan en conjunto la sostenibilidad, la resiliencia y una baja huella de carbono?*

R2. Funcionan en conjunto como un enfoque equilibrado para lograr un mejor concreto.

La sostenibilidad, resiliencia, y una baja huella de carbono trabajan conjuntamente para incentivar a la industria del concreto a reducir su impacto ambiental sin comprometer el desempeño. Una baja huella de carbono contribuye a reducir el carbono incorporado en el concreto, mientras que la sostenibilidad garantiza que esas reducciones formen parte de un enfoque más amplio del ciclo de vida, que considere la durabilidad, la eficiencia en el uso de los recursos, el costo, la constructibilidad y el valor a largo plazo. La resiliencia incorpora el requisito fundamental de que las estructuras de concreto deben continuar desempeñándose adecuadamente tanto ante las exigencias cotidianas como frente a eventos extremos. El objetivo no consiste simplemente en utilizar menos carbón, sino crear sistemas de concreto con bajas emisiones de carbono, mayor vida útil, rentables y mejor preparados para las condiciones futuras.

P3. *¿Cuáles son las principales oportunidades para que la industria del concreto reduzca el carbón incorporado en sus productos?*

R3. Las principales oportunidades abarcan toda la cadena de valor del concreto y no solamente un único material o tecnología. Estas oportunidades incluyen reducir el contenido de clinker y de cemento cuando sea adecuado, utilizar materiales cementantes con menores emisiones de carbono y materiales cementantes suplementarios MCS (Supplementary Cementitious Materials – SCMs, por sus siglas en inglés), optimizar las mezclas mediante especificaciones basadas en desempeño, mejorar la eficiencia de la producción, adoptar tecnologías de captura o utilización de carbono, y diseñar estructuras de concreto para una larga vida útil. La mayor oportunidad para la industria consiste en reducir el carbono incorporado y al mismo tiempo, continuar proporcionando la durabilidad, seguridad, resiliencia y constructibilidad esperadas del concreto.

P4. *Recientemente, ¿dónde se ha hecho más evidente la necesidad de utilizar concreto sostenible y resiliente?*

R4. Recientemente, la necesidad de concreto sostenible y resiliente ha sido más evidente en proyectos de infraestructura y edificación

de gran escala y alta demanda, especialmente en aquellos en los que los propietarios requieren tanto una reducción de carbono incorporado como un desempeño a largo plazo. Esto incluye centros de datos, infraestructura de transporte, instalaciones para agua y aguas residuales, proyectos energéticos, instalaciones industriales, e infraestructura pública.

P5. *¿Cuáles códigos del ACI abordan la sostenibilidad, la resiliencia y el concreto con bajas emisiones de carbono?*

R5. Los documentos fundamentales del ACI, como el Código ACI-318-25, "Reglamento para Concreto Estructural—Requisitos y Comenatios"[1], ayudan a garantizar que las estructuras de concreto sean diseñadas considerando la seguridad, la durabilidad y desempeño a largo plazo. ACI SPEC-301-20, "Especificaciones para la Construcción de Concreto"[2], respalda prácticas de construcción de calidad y requisitos de materiales que pueden ayudar a los equipos de proyecto a alcanzar los objetivos de desempeño, permitiendo al mismo tiempo el uso apropiado de materiales con menores emisiones de carbono y distintas opciones de mezclas. El Código ACI-323-24, "Concreto con Bajas Emisiones de Carbono— Requisitos del código y comentarios"[3], proporciona requisitos para el concreto cuando se exige un menor potencial de calentamiento global PCG (Global Warming Potential – GWP, por sus siglas en inglés).

El ACI también respalda el concreto sostenible y con menores emisiones de carbono mediante documentos de comités y guías relacionadas con durabilidad, vida útil, materiales cementantes suplementarios, especificaciones basadas en desempeño, materiales alternativos y prácticas de construcción con concreto. Estos recursos ayudan a ingenieros, contratistas, productores, y a propietarios a entender cómo reducir el carbono incorporado, sin comprometer el desempeño estructural, la seguridad, la constructibilidad o la durabilidad a largo plazo.

P6. *¿Será suficiente la educación voluntaria para que la industria se mantenga actualizada respecto de los reglamentos y las tecnologías sostenibles? ¿O serán necesarios requisitos regulatorios para acelerar la curva de aprendizaje?*

R6. La educación voluntaria tiene un papel fundamental, ya que la industria necesita una visión compartida entre propietarios, diseñadores, redactores de especificaciones, productores, contratistas, inspectores, autoridades competentes y educadores. Los reglamentos y las tecnologías solo pueden ser eficaces si las personas que los aplican comprenden cómo utilizarlos correctamente. La educación voluntaria ayuda a generar confianza, reducir riesgos y acelerar la adopción de materiales con menores emisiones de carbono, especificaciones basadas en desempeño, estrategias de durabilidad y prácticas de diseño resilientes.

Los requisitos regulatorios, los requisitos de contratación, las especificaciones de los propietarios y las políticas de reporte de carbono, pueden contribuir a generar señales de mercado más fuertes y fomentar una participación más amplia. Es probable que el camino más eficaz sea una combinación que incluya educación voluntaria para desarrollar conocimientos y competencia técnica, respaldada por políticas y requisitos que incentiven o exijan a la industria aplicar reglamentos, normas y tecnologías comprobadas vigentes.

P7. *¿Cómo trabaja el ACI para mantener actualizados a sus miembros sobre la manera en que estas áreas pueden y deben funcionar en conjunto (sostenibilidad, resiliencia y concreto con bajas emisiones de carbono)?*

R7. El ACI trabaja para mantener informados a sus miembros mediante la integración de temas relacionados con sostenibilidad, resiliencia y bajas emisiones de carbono en sus actividades educativas, recursos técnicos, actividades en comités y eventos de la industria.

Mediante seminarios web, seminarios, sesiones en convenciones, programas de certificación, publicaciones, documentos de comités y otras oportunidades de aprendizaje, el ACI ayuda a

ingenieros, contratistas, productores, redactores de especificaciones, propietarios, educadores y estudiantes a comprender cómo se integran estas prioridades en proyectos reales.

NEU apoya y promueve el trabajo de los comités del ACI y sus actividades educativas. Recientemente, NEU y el ACI colaboraron para desarrollar los programas de certificación NEU para concreto de bajas emisiones de carbono.

Con misiones y visiones alineadas, la sostenibilidad y la resiliencia ocupan un lugar prioritario tanto para el ACI como para NEU. Esto se logra mediante programas de certificación, publicaciones, documentos de comités y otras oportunidades de aprendizaje.

El ACI ayuda a ingenieros, contratistas, productores, redactores de especificaciones, propietarios, educadores y estudiantes a comprender cómo estas prioridades se integran en proyectos reales.

Referencias

1. ACI Committee 318, "Building Code for Structural Concrete—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-318-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 702 pp.
2. ACI Committee 301, "Specifications for Concrete Construction (ACI SPEC-301-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 pp.
3. ACI Committee 323, "Low-Carbon Concrete—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-323-24)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2024, 25 pp.

Agradecemos a Kerry Sutton, Directora Ejecutiva de NEU: Centro de Excelencia del ACI para Concreto Carbono Neutral y Directora de Relaciones con la Industria del ACI, por proporcionar las respuestas a estas preguntas.

Las preguntas de esta columna fueron elaboradas por usuarios de documentos del ACI y han sido respondidas por el personal del ACI o por uno o más miembros de los comités técnicos del ACI. Las respuestas no representan la posición oficial de ningún comité del ACI. Los comentarios deben ser enviados a *lacey.stachel@concrete.org.*

Título original en inglés:
Concrete Q&A
Sustainability and resilience

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Costa Rica



Traducción:
Emmaury Méndez Valerín



Revisión Técnica:
Ing. Minor Murillo Chacón



CONCRETO
LATINOAMÉRICA