CONCRETO
LATINOAMÉRICA

VOLUMEN V | NÚMERO 12 | DICIEMBRE 2024

Ganadores de los Décimos Premios Anuales a la Excelencia en Construcción con Concreto del ACI

Palacio Justicia y edificio federal "Fred D. Thomson" en los Estados Unidos en Nashville, TN

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. Luis Alvarez Valencia
Ing. Xiomara Sapón Roldán

México Noreste
Dr. Alejandro Durán Herrera

México Noroeste
Ing. Óscar Ramírez Arvizu

México Centro y Sur
Ing. José Alfredo Rodríguez Campos

México Sureste
Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala

República Dominicana
Ing. Piero Roberto Caputo Rodríguez

Perú
Ing. Julio Antonio Higashi Luy

Puerto Rico
Ing. Anabel N. Merejildo

Palacio Justicia y edificio federal "Fred D. Thomson" en los Estados Unidos en Nashville, TN., ganador del segundo lugar en la categoría de estructuras de mediana altura, en la décima entrega de los Reconocimientos a la Excelencia en Construcción con Concreto del ACI 2024. Con sus 26,000 m^2 de área (280,000 ft^2) este edificio alberga 8 salas de visitas, 11 despachos de jueces y estacionamiento en el sótano. Su diseño mezcla elementos clásicos y contemporáneos y utiliza concreto colado in "situ" así como elementos prefabricados, incluido cemento fotocatalítico en sus paneles de fachada, que le otorgan los beneficios de autolimpieza y abatimiento del smog. La complejidad de las uniones entre elementos prefabricados obligó a tener más de 700 tipos de conexiones. Este proyecto, es la mayor estructura fotocatalitica en los Estados Unidos, y hace gala de resistencia y sostenibilidad, contribuyendo a su prevista certificación LEED Gold. (Para mayor detalle consulte la revista Concreto Latinoamérica de noviembre de 2024 página 14)

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 Diciembre del 2024. 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

Asesor Técnico:
Dr. Alejandro Durán Herrera

Traducción:
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Comité de Artículos Originales
Ing. Xiomara Sapón Roldán
Ing. Thyssen Won Chang

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. Anakaren Lozano González

“Agradecemos el apoyo a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León por su colaboración en el diseño editorial de la revista”.
Diseño Editorial: Comunicación e Imagen Institucional FIC-UANL

REVISORES EDITORIALES

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

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez
Dr. Lucio Guillermo López Yépez
Dr. Francisco René Vázquez Leal
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll

CONTENIDO

1 **Un lenguaje universal para los acabados**

El camino hacia un concreto bajo en carbono requiere el desarrollo de pruebas objetivas

Por Phil Diekemper, Director Ejecutivo, PRO: Un Centro de Excelencia del ACI para el Fomento de la Productividad

2 **Foro De Tecnología, Parte 1: Información Compartida por la "Fundación ACI" 2024**

3 **Reducción de la Vida útil de la Infraestructura de Concreto por el Calentamiento Global en Estados Unidos**

Por Naiara R. Tonin, Sannidhya K. Ghosh, Balaji Rajagopalan y Mija H. Hubler

4 **El Contexto de Medición para la Cuantificación del Contenido de Carbono**

Por Edward Garboczi, Bruce Scruggs, Alexander K. Landauer, Prannoy Suraneni y los miembros del Grupo de trabajo: Cuantificación del contenido de carbono(ate) en el Consorcio de cementos y hormigones con bajo contenido de carbono del NIST

5 **Mejores prácticas en concreto decorativo**

Preparación de muestras de producto

6 **Avance de la Ingeniería Estructural en el Centro de Sistemas Estructurales y Entorno Construido de la Universidad Hashemite**

Por Ahmad Tarawneh y Ahmad Mhanna

7 Preguntas y Respuestas. **Nivelación Versus Regla Manual**

8 ¿Quiénes somos y qué hacemos? **XVI Convención Internacional ACI Perú – 2024**

"Tendencias, Innovación y Normativas en el Concreto: Una mirada hacia el 2030"

9 ¿Quiénes somos y qué hacemos? **Capítulos de ACI organizan la primera Carrera Concreton 5K**

10 ¿Quiénes somos y qué hacemos? **ENLACE – ACI 2024**

CONVOCATORIA
CONCRETO LATINOAMÉRICA

¿Publicar tus artículos de investigación y casos de estudio **en nuestra revista?**

¡Es múy fácil!

Descarga la Guía de Publicación

¡Escanea para conocer los requisitos!

Llena la Carta de Solicitud

¡Escanea para completar tus datos!

Una vez lista tu solicitud, fírmala y envíala a la Revista Concreto Latinoamérica a través del correo concretolatam@gmail.com

Tu solicitud y artículo serán evaluados para su publicación.

01

Un lenguaje universal para los acabados

El camino hacia un concreto bajo en carbono requiere el desarrollo de pruebas objetivas

Por Phil Diekemper, Director Ejecutivo, PRO: Un Centro de Excelencia del ACI para el Fomento de la Productividad

En septiembre, asistí a la conferencia anual de la Sociedad Americana de Contratistas de Concreto (ASCC), una gran reunión de prominentes contratistas y proveedores de concreto. Aunque los seminarios de este evento siempre han sido educativos, las redes de conversación pueden ser aún más ilustrativas. Durante las dos últimas conferencias, el cemento Tipo IL ASTM C595/ C595M ha sido el "tema candente" en esas charlas de pasillo, y la cuestión central se reducía a las variaciones impredecibles en el concreto premezclado producido con cemento Tipo IL.

Sin entrar en los detalles de la transición del cemento ASTM C150/C150M Tipo I/II al cemento Tipo IL, hoy en día alrededor del 50% de todo el concreto premezclado en los Estados Unidos se produce utilizando cemento Tipo IL. Para los contratistas de concreto, este cambio reciente y aparentemente repentino ha modificado el trabajo de construcción para siempre. Y en comparación con toda la experiencia práctica, informes de investigación, documentos y artículos desarrollados en torno al concreto producido con cemento Tipo I/II, los contratistas tienen una base de recursos insignificante en relación con el cemento Tipo IL. Además, los pocos documentos que se han publicado se centraban en gran medida en la resistencia a 28 días y la durabilidad a largo plazo, e indicaban que el cemento de Tipo IL podía sustituirse por el de Tipo I sin consecuencias significativas. Pocos, si es que hubo alguno, abordaron cuestiones de funcionalidad constructiva como el sangrado, el acabado y la resistencia temprana. Y en los primeros días de la transición, algunos contratistas de concreto no fueron informados de que su pedido se completaría con cemento Tipo IL. Descubrieron la sustitución por cemento Tipo I/II sólo después de buscar la causa de comportamientos inesperados que dieron lugar a importantes problemas de construcción.

El cemento de tipo I/II se ha utilizado ampliamente durante décadas: los contratistas de concreto han desarrollado una profunda comprensión de su comportamiento y la capacidad de predecir y prepararse para los efectos de las variaciones de otros factores, como el clima. Esta predictibilidad está tan arraigada en la industria que se sabe que los contratistas se quejan obstinadamente con el productor de concreto cuando el cemento procede de un proveedor u horno diferente. Y a lo largo de los años, los productores de concreto y los contratistas han "marcado" sus diseños de mezcla y preferencias de aditivos para satisfacer los requisitos contractuales y las características de desempeño. Además, los fabricantes de equipos, desde bombas hasta máquinas allanadoras, probaron y diseñaron sus sistemas en torno al cemento tipo I/II. Con el cambio a un nuevo aglutinante de características muy variables, parece como si la industria hubiera tirado por la borda años de experiencia, obligando a muchos a recurrir al ensayo y error para obtener un rendimiento aceptable. La "curva de aprendizaje" ha comenzado de nuevo.

Pero, ¿quién paga estas pruebas en la producción? ¿Quién paga la pérdida de productividad? ¿Qué ocurre si hay errores? ¿Cómo se protege al contratista de concreto, la parte que garantiza el trabajo, de los riesgos asociados a este producto desconocido? La industria del concreto se compone de muchas partes interesadas interconectadas, muchas de las cuales operan dentro de sus propios silos y utilizan enfoques de gestión que transfieren efectivamente los riesgos materiales y de productividad al contratista de concreto. Los contratistas del concreto no lo vieron venir, y no estaban dispuestos a poner en riesgo la reputación y el bienestar financiero de su empresa.

En la actualidad, con una subvención de la Fundación ACI, ASCC y Giatec Scientific Inc. están recopilando características de diseño de mezclas para losas de piso interiores de concreto sin aire incluido. Están tratando de recopilar y analizar los datos de cientos de mezclas con cemento de tipo IL que funcionaron bien durante la transición del cemento de tipo I/II. El objetivo es comprender mejor los efectos de la transición y determinar qué propiedades de la mezcla es más probable que cambien, aquellas que es probable que cambien y las que es menos probable que cambien como resultado de la transición en curso.

Por supuesto, esta transición no es más que un paso. A medida que la industria trabaje para reducir aún más el carbono incorporado en las estructuras de concreto, cabe esperar mezclas con más materiales cementantes alternativos. Mientras que algunos productores de concreto premezclado podrían invertir en nuevos silos y crear mezclas que incluyan estos materiales, otros podrían adquirir cementos

ASTM C595/C595M Tipo IT - mezclas ternarias de cemento portland, cemento de escoria, piedra caliza o puzolanas. ¿Cómo se preparará el contratista de concreto para los nuevos concretos bajos en carbono resultantes y sus características de construcción desconocidas?

Durante la conferencia de la ASCC, Larry Sutter, profesor emérito y catedrático de investigación de la Universidad Tecnológica de Michigan, Houghton, MI, EE.UU., compartió su opinión sobre el futuro de los materiales cementantes alternativos que están entrando en el mercado. También compartió datos de investigación y de diversos materiales cementantes alternativos. Sin embargo, cuando se le preguntó por las características de construcción para el contratista de concreto, el recipiente de conocimientos se secó. Hay un vacío de conocimientos, así que las cuadrillas de los contratistas de concreto tendrán que ser los técnicos de prueba. Se utilizará el anticuado e ineficaz proceso de ensayo y error. Aunque un equipo de acabado aprenderá sobre mezclas específicas de cada prueba de campo y colocación, el contratista y el propietario estarán asumiendo un riesgo significativo.

¿Por qué los investigadores no pueden desarrollar y medir las características de constructibilidad de las propiedades de acabado del concreto? Las medidas objetivas son fundamentales. En caso afirmativo, ¿cuáles serían? Tal vez:

El ensayo de revenimiento sigue siendo una medida de la fluidez en el contenido óptimo de agua, sin aditivo reductor de agua de alto rango (HRWRA) y con HRWRA;

- Se utiliza un coeficiente de fricción de la línea de bombeo como medida de la capacidad de bombeo;
- Se utiliza una prueba de sangrado para medir la demanda de agua;
- Se perfeccionan las medidas para evaluar la capacidad de acabado: se miden las fuerzas de arrastre en las cuchillas de la máquina de acabado y se registran los efectos de desprendimiento mediante fotografía digital;
- Se desarrolla una prueba para cuantificar la formación de costras tras el fraguado inicial;
- Se desarrollan criterios para cuantificar el agrietamiento plástico tras el fraguado final;
- Se desarrolla una prueba para medir la esponjosidad tras el fraguado inicial; y
- Se mide el tiempo necesario para que la superficie plana soporte a un operario de acabado de pie sobre una sola bota con una hendidura no superior a 6 mm (220 lbf sobre 40 pulg.^{2} [5,5 psi]).

Por supuesto, las mediciones también incluirían las condiciones ambientales; el tipo, la cantidad y el proveedor de los aditivos; las rotaciones de la mezcladora; y la duración de la mezcla antes de la prueba.

¿Qué nos dirán los datos? Una vez capturadas miles de muestras de datos, el sector podrá centrarse en comprender cómo afectan los distintos parámetros al rendimiento, quizá calificado simplemente de inaceptable, adecuado, bueno o superior. De este modo, los investigadores y profesionales pueden ampliar las pruebas basándose en una gama más amplia de condiciones, como el clima, la hora del día y las proporciones de la mezcla. La expansión del programa de pruebas, en una gama más amplia de condiciones de campo, será clave para la transición de las mezclas de concreto de laboratorio a las mezclas utilizadas en la construcción.

En conclusión, la industria del concreto necesita desarrollar un lenguaje universal para el acabado que debe basarse en pruebas objetivas.

Se abrirá la puerta a la adopción de cementos y mezclas de concreto innovadores, ya que el nuevo lenguaje ayudará a contratistas, diseñadores y propietarios de proyectos a evitar los riesgos que de otro modo se verían obligados a asumir. Necesitamos medidas de acabado objetivas y duplicables para abrir la puerta a la innovación del concreto.

Estudio de mezclas para losas interiores del Comité 302 del ACI y la ASCC

Conjuntamente con el Comité 302 del ACI, Construcción de Pisos de Concreto, la ASCC está buscando datos de mezclas de concreto en losas interiores de concreto sin aire incluido, construidas en los últimos 2 años. El estudio de las mezclas de losas necesita de datos de referencia de cemento Tipo I/II y mezclas de Tipo IL para la comparación. Los datos solicitados incluirán las proporciones de las mezclas, los certificados de los molinos de cemento, las granulometrías de los agregados y otros parámetros. El objetivo es llevar a cabo análisis estadísticos para encontrar oportunidades de mejora de la capacidad de construcción y de la calidad de las obras interiores planas de concreto. Los datos serán confidenciales y anónimos.

Para más información sobre el estudio, los datos y la herramienta de análisis (Roxi, la plataforma de IA de Giatec), póngase en contacto con Mike Hernández, Director Técnico de la ASCC, mhernandez@ascconline.org

Título original en inglés:
A Universal Language for Finishability. The path toward low-carbon concrete requires the development of objective tests

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Noreste de México

Traductora:
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Revisor Técnico:
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

02

Foro De Tecnología, Parte 1: Información Compartida por la “Fundación ACI” 2024

Por más de 25 años, la “Fundación ACI” ha organizado Foros de Tecnología para apoyar el enfoque en expansión que tiene el ACI en cuanto al avance de la industria del concreto. Estos encuentros han sido eventos educativos y de networking enfocados en la innovación, que presentan ponencias de investigadores, representantes de los comités del ACI y desarrolladores de nuevas tecnologías para el diseño, construcción e inspección. Este artículo es el primero de tres que resumen las presentaciones realizadas en el Foro de Tecnología 2024.

Reconociendo que la innovación toma muchas formas, el Consejo de Innovación en Concreto de la “Fundación ACI” ha renombrado su evento. **El Foro de Innovación en Concreto 2025** brindará a los asistentes la oportunidad de conectarse con otros en la industria y aprender sobre las tendencias actuales, tecnologías emergentes, nuevos productos y otras innovaciones. El evento también proporcionará oportunidades para que los asistentes construyan relaciones estratégicas y amplíen sus redes. Reserve la fecha y únase a nosotros el próximo año en Denver, CO, EE. UU., en el Hotel Clio del 12 al 14 de agosto de 2025.

Medidor Instantáneo de contenido de Aire: Medición Rápida del contenido de Aire en Concreto Fresco.

Presentado por el Ingeniero Jed C. Wilbur, Creare LLC

La durabilidad del concreto frente a ciclos de hielo y deshielo se evalúa comúnmente utilizando dos factores: el contenido total de aire y el espaciado promedio entre vacíos de aire. Sin embargo, los métodos estándar para medir estos parámetros son engorrosos y lentos. Wilbur describió el avance que a la fecha tiene en el desarrollo de un dispositivo portátil capaz de medir rápidamente parámetros que se pueden correlacionar con el contenido de aire y el tamaño de los vacíos en concreto fresco. El proyecto, inicialmente financiado a través de subvenciones de Investigación en Innovación de Pequeñas Empresas (SBIR) del Departamento de Transporte de los EE. UU., se espera que resulte en una herramienta portátil que permitirá un monitoreo frecuente de los parámetros de aire, a un costo competitivo respecto a los procedimientos existentes. Además, el equipo de desarrollo tiene planes para integrar esta tecnología central en un sensor adecuado para realizar las mediciones en el tambor de las mezcladoras.

Denominado Medidor Instantáneo de Aire, la tecnología mide la respuesta de una mezcla de concreto al impulso de un pistón (Fig. 1). Los prototipos creados en esta etapa intermedia de desarrollo mostraron resultados prometedores (Fig. 2), y ahora se está evaluando un prototipo avanzado en el Centro Nacional de Tecnología de Pavimentos de Concreto en la Universidad Estatal de Iowa, Ames, IA, EE. UU. Otros prototipos están disponibles para evaluaciones adicionales.

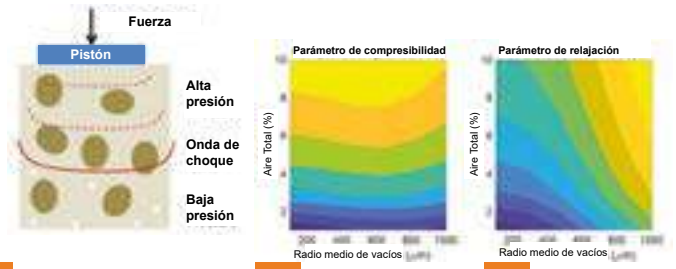


Fig. 1: La base del medidor de aire instantáneo: (a) Una ilustración esquemática de la onda de choque generada en el concreto por un impulso de un pistón. (b) Resultado de un modelo numérico que muestra que un parámetro de compresibilidad se correlaciona bien con la fracción de vacíos. (c) Resultado que muestra que un parámetro de relajación se correlaciona bien con la fracción de vacíos y el tamaño promedio de los vacíos.

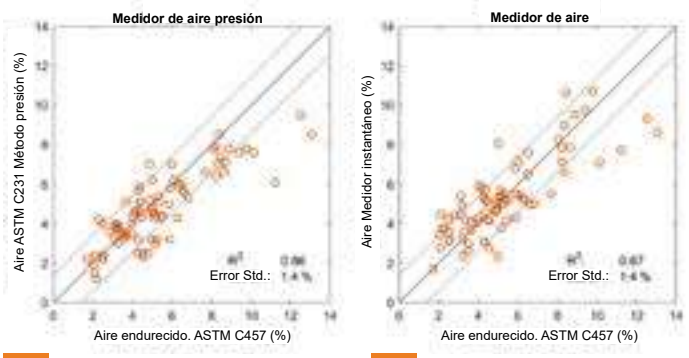


Fig. 2: Como parte del estudio SBIR, las pruebas realizadas por investigadores de la Universidad de Georgia Tech demostraron que el dispositivo podía medir con precisión el contenido de aire: (a) Contenido de aire medido utilizando un medidor de presión según ASTM C231/C231M frente al contenido de aire medido según ASTM C457/C457M. (b) Contenido de aire medido usando el Medidor de Aire Instantáneo frente al contenido de aire medido según ASTM C457/C457M.

Estadio SoFi: Innovaciones en Diseño Estructural

Presentado por Walter Eggers, Ingeniero en Jefe de Puentes, Kiewit Corporation

El estadio SoFi está ubicado al este del Aeropuerto Internacional de Los Ángeles, por lo que los diseñadores colocaron el campo de juego a 100 pies (30.5 m) bajo el nivel del suelo para reducir la altura final del techo del edificio y evitar conflictos con las trayectorias de aproximación del aeropuerto. La estructura, grande y compleja, también está cerca de una falla activa. Para minimizar las aceleraciones sísmicas, se aislaron el área de asientos del estadio, el terraplén circundante estabilizado mecánicamente (MSE) y la estructura de soporte del techo (Fig. 3). Gran parte de la presentación de Eggers se centró en la construcción del MSE y las columnas tipo "hoja" de la estructura de soporte del techo (Fig. 3 y 4).

La remoción del material de excavación, la construcción de los cimientos de las columnas tipo "hoja" y la erección de las columnas formaron parte de la ruta crítica del cronograma de construcción. Para minimizar costos y retrasos, Kiewit propuso cambios en el diseño que involucraban aislar los cimientos del terraplén, el uso de MSE, tecnología de puentes segmentales prefabricados y un extenso uso de postensado. En conjunto, los sistemas utilizados para la construcción final permitieron que el estadio se completara 18 meses antes de lo planeado originalmente.

Fig. 3: Vista aérea de la construcción del Estadio SoFi. El patrón en forma de rejilla visible en el primer plano está compuesto por puntales que anclan las columnas tipo hoja al suelo fuera de la zona de relleno del MSE.

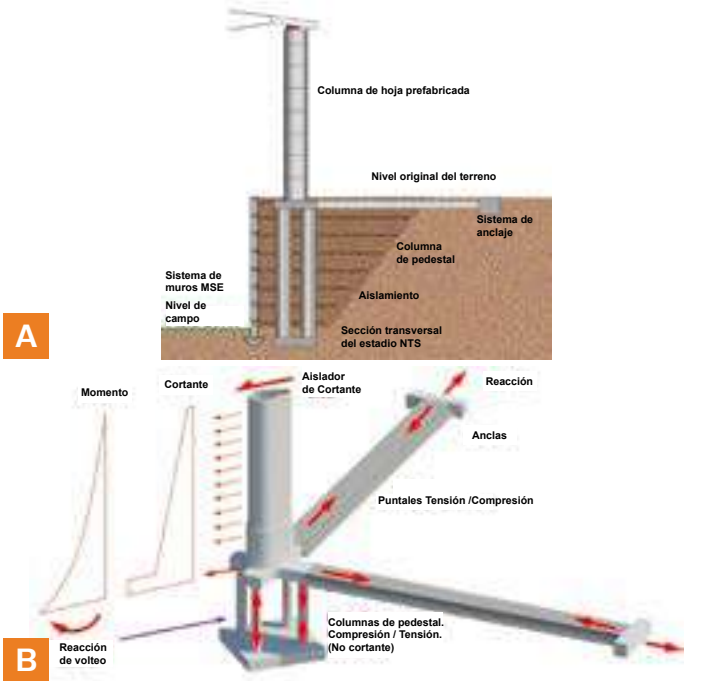


Fig. 4: Esquemas del MSE y las columnas de hoja de la estructura de soporte del techo:
(a) Las columnas de hoja están soportadas por columnas de pedestal, que están aisladas del relleno del MSE.
(b) Un sistema de puntal y anclaje transfiere las fuerzas cortantes desde el techo y las columnas de hoja hacia el suelo más allá del relleno.

Evaluación de Próxima Generación de Estructuras de Concreto Usando Inteligencia Artificial

Presentado por Ali Khaloo, CEO, Aren, Inc.

Una evaluación precisa de las condiciones de los sistemas de infraestructura en servicio es crucial para la toma de decisiones y de su priorización a nivel del sistema. Los protocolos actuales requieren inspecciones extensas y equipos costosos para examinar sistemas grandes. Además, los cambios en los protocolos de inspección a lo largo del tiempo pueden crear discontinuidades en el registro y la comprensión del historial de una estructura. Si bien los avances recientes en tecnologías de detección remota (por ejemplo, drones autónomos) permiten capturar grandes cantidades de datos, la revisión manual de estos conjuntos de datos sigue siendo laboriosa y no proporciona información explícita sobre el desempeño y las condiciones de salud estructural. Khaloo presentó a AREN, una solución de software como servicio (SaaS por sus siglas en inglés) para analizar y aprovechar datos.

Basado en una combinación única de inteligencia artificial (IA) y conocimientos de ingeniería civil, el software crea un modelo tridimensional (3D) detallado a partir de muchas fuentes de datos, incluidos fotos, videos, escaneos infrarrojos, escaneos acústicos o escaneos LiDAR. El software

luego identifica y cuantifica los daños como agrietamientos, desconchamientos y eflorescencias (Fig 5). Debido a que los datos pueden recopilarse y analizarse a través del tiempo, el software también puede identificar cambios y ayudar a propietarios a desarrollar programas de mantenimiento. (Fig 6).

Se proporcionaron casos de estudio para demostrar la efectividad de este nuevo procedimiento.

Fig. 6: Al recopilar y evaluar las condiciones de los activos a lo largo del tiempo, se puede implementar un mantenimiento preventivo en lugar de reactivo.

Mejorando Prácticas Sostenibles en la Producción de Concreto Usando un Sistema de Monitoreo Integrado de las Propiedades del Concreto Fresco

Presentado por Pierre Siccardi, Analista de Productos, Command Alkon (en representación de Marc Jolin)

Siccardi resumió las actividades de investigación centradas en un sensor diseñado para ser montado en el tambor de un camión mezclador de concreto (Fig. 7) con el propósito de medir en tiempo real la homogeneidad y las propiedades reológicas del concreto (Fig. 8(a)). Sensores adicionales pueden monitorear el contenido de aire (Fig. 8(b)), y se están desarrollando sensores para evaluar su densidad. Siccardi presentó los esfuerzos recientes de investigación y las evaluaciones de campo, mostrando datos que indican que estos sensores pueden usarse para determinar si el mezclado está completo y uniforme. Las Figuras 8(a) y 8(b) muestran cómo las propiedades del concreto fresco, incluidos el asentamiento o revenimiento y el contenido de aire, evolucionan durante cada etapa de producción y entrega del concreto, siendo afectadas por la forma del mezclado y los ajustes realizados en el trayecto.

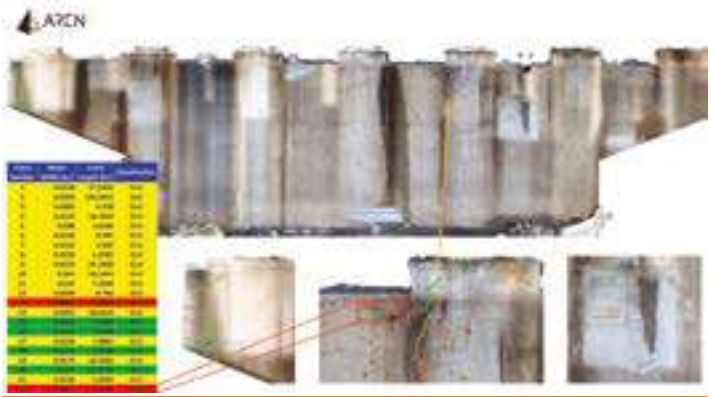


Fig. 5: La inteligencia artificial en AREN identifica y cuantifica daños. Como crea un modelo tridimensional (3-D) de un activo, se evita la doble contabilidad. Las mediciones se basan en referencias dimensionales en el sitio, por lo que la longitud y el ancho reales de las grietas pueden determinarse a partir de datos de píxeles. Los daños pueden clasificarse utilizando los estados de condición preferidos por el propietario (en este caso, las grietas están clasificadas según los estados de condición de la AASHTO).

Esta evolución del aire y el revenimiento no puede identificarse con los métodos de prueba estándar. Siccardi también presentó un nuevo proyecto de investigación de 5 años respaldado por una amplia gama de participantes de la industria. Los objetivos de este proyecto incluyen explorar la aplicación de tecnologías de sensores integrados para desarrollar prácticas más sostenibles y mejorar la calidad del concreto, reconociendo que, cada vez más, se están utilizando nuevos aglutinantes y agregados reciclados. Por último, presentó el trabajo que se está realizando para incluir estas tecnologías de sensores en estándares e informes, con el objetivo de fomentar su adopción en la industria. Ejemplos incluyen un informe de última generación que está siendo desarrollado por el Subcomité ACI 304-G, Monitoreo de Concreto Mezclado en Tránsito.

¿Por qué la Durabilidad Necesita Evaluarse en el Sitio y Cómo Hacerlo?

Presentado por Roberto Juan Torrent, Director Técnico, Materials Advanced Services Ltd.

El desempeño por durabilidad de las estructuras de concreto reforzado depende de la resistencia que ofrecen las capas de concreto cercanas a la superficie frente a agentes agresivos como el dióxido de carbono (CO_2), los cloruros y los sulfatos. La calidad de estas capas externas es muy sensible al modo en que el concreto es procesado en el sitio de construcción. Por lo tanto, cuando se mide con pruebas estándar en especímenes de laboratorio moldeados y curados en condiciones casi ideales, la calidad superficial suele ser mejor que la obtenida en la estructura real. Por ello, las pruebas de durabilidad realizadas en especímenes de laboratorio pueden considerarse como un reflejo de la calidad potencial de una mezcla concreta. Sin embargo, la calidad real del producto colocado en la obra solo puede evaluarse mediante pruebas de durabilidad no destructivas

aplicadas directamente en la estructura o mediante pruebas estándar de laboratorio realizadas en muestras obtenidas mediante perforación.

Torrent presentó un método de prueba que desarrolló: la prueba de celda de vacío de doble cámara (Fig. 9). Mientras que este método ha sido estandarizado en Suiza, Japón, Argentina y Perú, sigue siendo relativamente desconocido en Estados Unidos. El método mide el coeficiente de permeabilidad al aire del concreto, *kT*, un coeficiente que muestra una buena correlación con otras pruebas de laboratorio sobre durabilidad, como la prueba de permeabilidad rápida al cloruro y la prueba de penetración de agua bajo presión (Fig. 10, elaborada con datos de diversas fuentes). Torrent también discutió aplicaciones relevantes y el razonamiento para buscar la estandarización de este método de prueba por ASTM International.

El documento que se cita en la fig 9 es Torrent, R.J.; Neves, R.D.; y Imamoto, K., *Comportamiento del concreto a la permeabilidad y durabilidad – De la teoría a la aplicación en campo, CRC Press, Boca Raton, Fl, EE.UU. 2022, 550 pp.*

Panorama Actual de los Materiales de Concreto de Bajo Carbono

Presentado por Dean Frank, Director Ejecutivo, NEU

Frank proporcionó una actualización sobre NEU: Centro de Excelencia de ACI para Concreto Neutro en Carbono, y la encuesta que NEU está administrando para identificar empresas que ofrezcan materiales y tecnologías destinados a reducir el carbono incorporado del cemento y el concreto.

Inicialmente, la encuesta se envió a 50 empresas que eran conocidas por producir este tipo de materiales. En la Parte A de la encuesta, se pidió a las empresas que describieran su metodología de producción, declaraciones ambientales y especificaciones relacionadas con sus materiales. En la Parte B, se les pidió que estimaran su producción futura y las regiones donde comercializarían sus productos. También se les pidió que describieran sus desafíos y retos que enfrentan.

La encuesta tuvo una alta tasa de respuesta (Fig. 11). Una imagen instantánea de los resultados muestra que más de la mitad de los encuestados ya tienen productos disponibles. Sin embargo, alrededor del 40% de los encuestados indicó que están trabajando para resolver problemas de variabilidad asociados con las materias primas de sus productos. Al concluir su presentación, Frank presentó un panel compuesto por startups involucradas en la producción o evaluación de materiales de bajo carbono.

Fig. 7: Un sensor montado en el tambor de un camión de concreto está sujeto a fuerzas de corte y flexión a medida que se mueve a través del concreto:
(a) Vista del kit de sensores, que incluye la unidad del sensor, un panel solar y la unidad de visualización o tablero.
(b) Representación esquemática del sensor y la pantalla montados en un camión (los datos de la unidad pueden cargarse en tiempo real en un servidor en la nube) (Figuras cortesía de Command Alkon).

Fig. 8: La recopilación de datos en tiempo real muestra que el asentamiento y el contenido de aire varían con el tiempo, las adiciones de agua y la velocidad del tambor:
(a) Datos de asentamiento.
(b) Datos de contenido de aire (Figuras cortesía de Command Alkon).

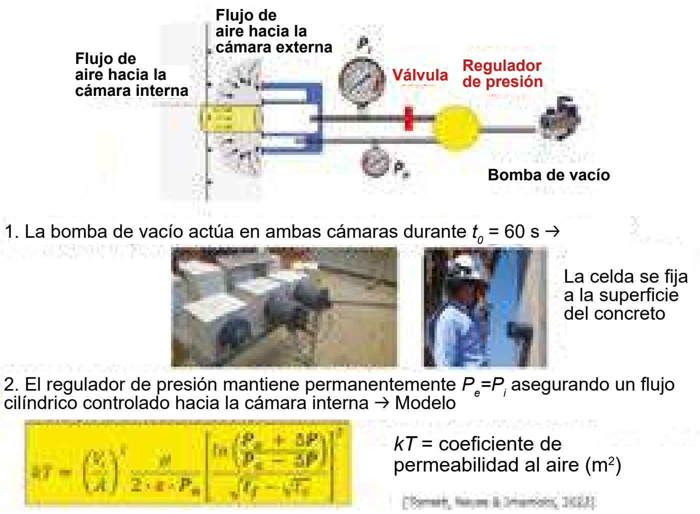


Fig. 9: La prueba de celda de vacío de doble cámara está diseñada para garantizar que el flujo de aire a través de la capa de concreto se mantenga dentro de una región cilíndrica controlada, lo que permite determinar de manera confiable el coeficiente de permeabilidad kT

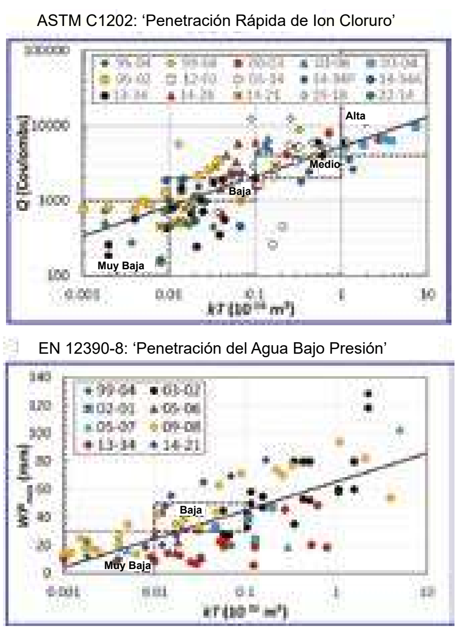


Fig. 10: Los valores de kT tienen buena correlación con datos obtenidos usando los métodos ASTM C1202 así como el EN 12390-8

Fig. 11: Logotipos de la fundación de ACI NEU así como de las 48 empresas que respondieron a la encuesta de NEU.

Título original en inglés:
Innovation Shared at the ACI Foundation 2024 Technology Forum, Part 1

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Noreste de México

Traductor:
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

Revisor Técnico:
Dr. Lucio Guillermo López Yepez

03

Reducción de la Vida útil de la Infraestructura de Concreto por el Calentamiento Global en Estados Unidos

Por Naiara R. Tonin, Sannidhya K. Ghosh, Balaji Rajagopalan y Mija H. Hubler

Un efecto significativo del calentamiento debido al cambio climático global que pasa desapercibido es el aumento del ritmo de deterioro de las estructuras de concreto. El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados a nivel mundial. Sólo en Estados Unidos se utilizan más de 500 millones de toneladas al año para construir infraestructura[1], y se gastan 3 mil millones de dólares anuales en la reparación de tableros de puentes de concreto reforzado en mal estado debido a la degradación significativa del concreto[2].

Está demostrado que la durabilidad del concreto no sólo depende del material y del proceso de construcción, sino también del entorno al que está expuesto durante su vida útil[3]. En los límites de Estados Unidos, el monitoreo climático de los Centros Nacionales de Información Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica[4] (NOAA, por sus siglas en inglés) ha registrado una tendencia de +0.08 °C (+0.15 °F) por década en la temperatura promedio desde 1895 hasta 2020.

Se sabe que las temperaturas elevadas y/o las fluctuaciones térmicas aceleran directa o indirectamente mecanismos perjudiciales en el concreto (véase la Fig. 1), como la carbonatación, la corrosión del acero de refuerzo, la tensión térmica, la degradación física, la reacción álcali-agregado (AAR, por sus siglas en inglés) y los ataques internos y externos de sulfatos[5-10].

Los estudios existentes se han enfocado principalmente en estos mecanismos. Sin embargo, se ha investigado de manera limitada el efecto del cambio climático en sí sobre la integridad estructural de las estructuras de concreto, (como la temperatura y precipitación) , ya que sus posibles impactos se han identificado recientemente[8]. Además, estos artículos se basan en infraestructura de Suecia, China, Australia, Japón y Canadá, con pocos que consideren las condiciones en los Estados Unidos. Este estudio es uno de los primeros intentos de cuantificar estos impactos a nivel nacional, con el objetivo de motivar análisis sistemáticos y detallados.

En este trabajo, aplicamos tendencias experimentales y modelos teóricos para estimar el impacto de los cambios en las temperaturas de servicio y la precipitación—exposición que enfrentará toda la infraestructura de concreto debido a los cambios en el clima global—sobre el envejecimiento del concreto y la vida útil residual de la infraestructura en los Estados Unidos.

Datos de Temperatura y Precipitación

Los datos de temperatura para el período de 1895 a 2019 y de precipitación contiguos para el período de 1900 a 2019 fueron obtenidos para los Estados Unidos contiguos (Fig. 2) fueron obtenidos del conjunto de datos divisionales climáticos (nClimDiv)[4] de la NOAA. Las temperaturas y precipitaciones promedio por año para cada condado fueron calculadas utilizando la plataforma R[11]. Las proyecciones de temperatura hasta 2090 se basaron en el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)[12]. En este escenario, se seleccionó el RCP8.5 (emisiones muy altas de gases de efecto invernadero [GHG, por sus siglas en inglés]).

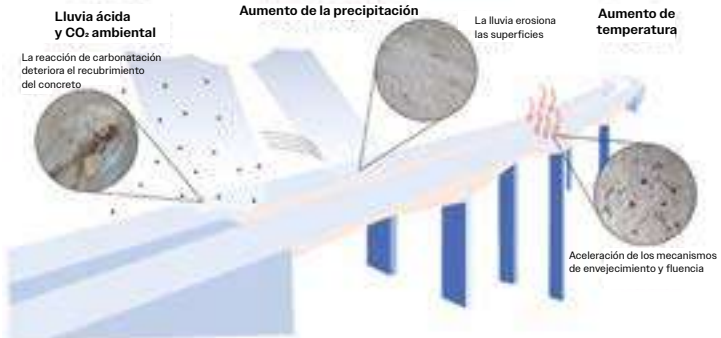


Fig. 1: Las temperaturas elevadas y/o las fluctuaciones térmicas conducen—directa o indirectamente—a la aceleración de mecanismos dañinos en el concreto.

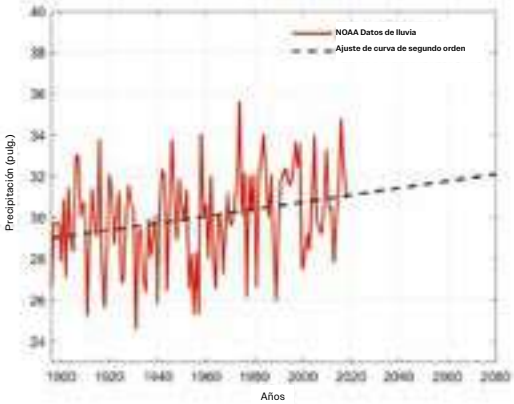


Fig. 2: Precipitación en los límites de Estados Unidos, 1900-2019.

Modelado del Efecto de la Temperatura en el Envejecimiento del Concreto

Lloyd[13] propuso un procedimiento experimental de envejecimiento acelerado del concreto en el que las muestras se exponían a un período de calentamiento a una temperatura elevada constante sin pérdida de humedad, exposición al dióxido de carbono o lixiviación de fluidos de los poros. Encontró que las muestras aceleradas mostraban resistencias a la compresión y características microestructurales similares a las muestras envejecidas en campo. Otros se han referido a un método similar como método de madurez[14]. La función de madurez convierte el historial de temperatura del concreto en un factor indicativo del aumento de resistencia del concreto. Este aumento acelerado de resistencia resulta en un incremento tangencial de rigidez, y así en la degradación[15]. Usando una alternativa a la ecuación de Arrhenius con una constante de velocidad de reacción frente a la temperatura, Tank[16] propuso una expresión para encontrar la edad equivalente del concreto basada en la temperatura, la duración del calentamiento y la temperatura local de referencia en °C.

Modelado del efecto de la temperatura en la carbonatación del concreto

Adoptamos un modelo de daño por carbonatación desarrollado por Bažant et al.[17] —posteriormente mejorado por El Maaddawy y Soudki[18] —basado en el agrietamiento progresivo alrededor de una varilla de acero en cilindros de concreto de paredes gruesas. Este modelo permite dimensionar la evolución de la expansión del diámetro de la varilla de acero de refuerzo en el concreto a medida que el concreto reforzado evoluciona. Se sabe que el proceso de producción de óxido se acelera con el calor, lo que es relevante al modelar los cambios de temperatura.

La progresión del agrietamiento debido a la expansión del acero se modela mediante el fallo de cilindros concéntricos de paredes gruesas, de modo que el cambio crítico en el diámetro puede relacionarse con las propiedades mecánicas del concreto sensibles a la temperatura introducidas (es decir, la resistencia a la tracción, el módulo efectivo, el coeficiente de fluencia y la relación de Poisson). Se utilizó un modelo existente para determinar el efecto de un aumento de temperatura en las propiedades mecánicas del concreto[15].

Impacto del aumento de temperatura en las estructuras de concreto

Utilizando los métodos descritos, investigamos el impacto del aumento de temperatura, de manera aislada, en el comportamiento mecánico del concreto. No exploramos otros factores más agresivos de degradación del concreto, como la pérdida de humedad y la exposición al dióxido de carbono, que han sido previamente estudiados por otros. Estos podrían ser temas importantes para estudios futuros.

El método de madurez se utiliza para determinar la edad equivalente de las edificaciones de concreto y su consiguiente reducción en la vida útil. La temperatura de referencia, por división climática, se definió como la temperatura promedio local desde 1895 (1925 para los condados de Alaska) hasta 2019. El valor B del método de madurez, que refleja la tasa de cambio de resistencia debido al cambio de temperatura, depende del tipo de concreto y varía según las proporciones de la mezcla. Adoptamos los valores B encontrados por Kim y Rens[19] (concreto de alta resistencia [HSC, por sus siglas en inglés] = 0.0352, concreto de resistencia normal [NSC, por sus siglas en inglés] = 0.0591), asumiendo que las estructuras se construyeron con tipos de concreto similares y están expuestas al aumento promedio neto de la temperatura global. Al implementar el método de madurez, se puede establecer la edad acelerada del concreto en términos de su desempeño mecánico equivalente, dadas las temperaturas ambientales históricas y proyectadas. Debido a que el concreto alcanza el desempeño mecánico equivalente al de un concreto envejecido más temprano en la vida útil de la estructura, esto puede utilizarse para cuantificar la reducción en su vida útil.

Los mapas de las Fig. 3 y 4 ilustran las latitudes, desde más secas hasta más húmedas, junto con el impacto del aumento de temperatura en la vida útil de las estructuras. En la Fig. 3, se muestra la reducción de la vida útil de los edificios con HSC a lo largo de cuatro periodos de 20 años. La reducción de la vida útil durante estos cuatro periodos alcanza aproximadamente el 19%, ocurriendo principalmente en la franja sur del país. La Figura 4 muestra la reducción de la vida útil de los edificios NSC considerando las mismas proyecciones de temperatura que en la Fig. 3 (HSC). El patrón espacial de reducción de la vida útil es similar al de los HSC. Sin embargo, la reducción durante los cuatro periodos puede alcanzar aproximadamente el 30%, con las mayores reducciones entre 2070 y 2090.

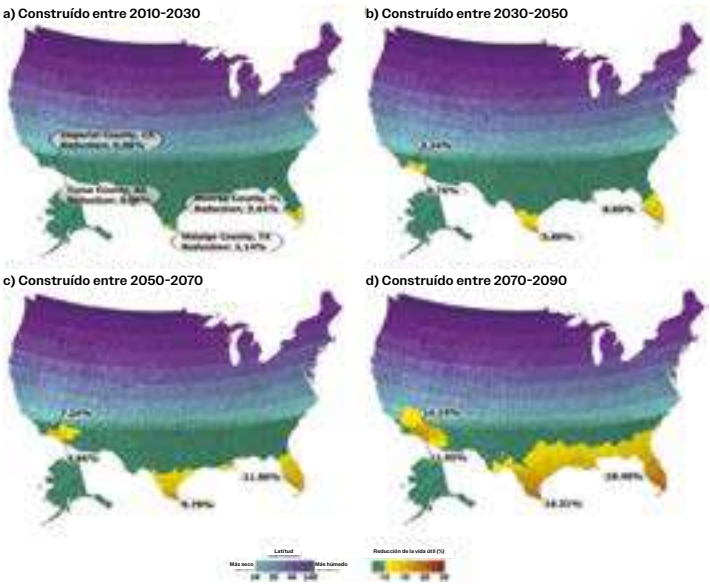


Fig. 3: Reducción de vida útil de edificios de HSC a lo largo de cuatro períodos de 20 años

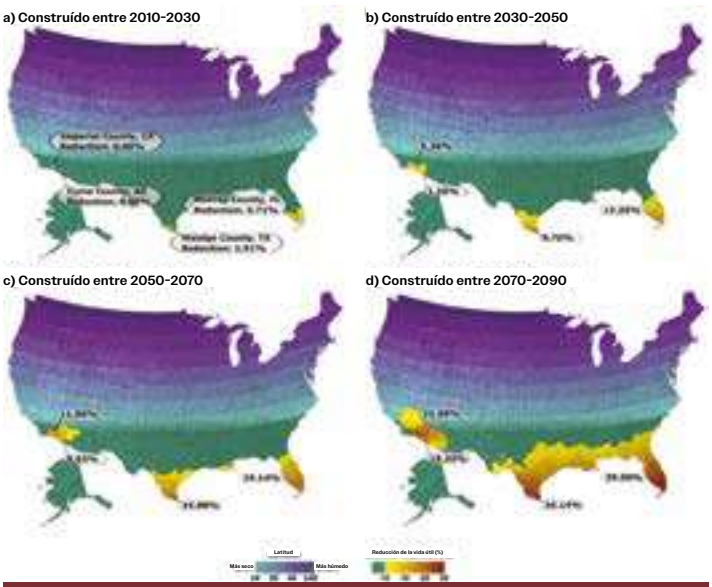


Fig. 4: Reducción de vida útil de edificios de NSC a lo largo de cuatro períodos de 20 años

En la Tabla 1 se muestran las reducciones a lo largo de la vida durante los primeros años del siglo XXI (de 2030 a 2050). Las edificaciones con vidas útiles de diseño típicas de 30, 50 y 70 años, construidas en las décadas finales del siglo (2070 a 2090), enfrentarán reducciones de vida de 3 a aproximadamente 12 años para el HSC y de 5 a cerca de 20 años para las edificaciones de NSC (Tabla 2). Este efecto se observa principalmente desde Texas hasta Florida, con mayores reducciones en las zonas más al sur. Por ejemplo, un edificio de NSC construido en 2030 con una vida útil de diseño de 70 años, que se espera dure hasta finales del siglo XXI, verá su vida útil reducida en casi una década.

Para evaluar la variabilidad latitudinal, las reducciones de vida útil se promediaron para cada banda de latitud y cada período de tiempo, como se muestra en la Fig. 5. La mayor reducción ocurre entre las latitudes de 25 a 32 grados norte, con el rango más alto en la latitud de 25 grados norte de 0 a cerca de 20% para el HSC y de 0 a cerca de 30% para el NSC.

Este impacto, atribuible únicamente al aumento de temperatura, se restringe principalmente a los extremos sur de Texas y Florida. Sin embargo, las reducciones en la vida útil de edificios construidos entre 2070 y 2090 probablemente también ocurran, aunque con diferentes intensidades, en áreas de otros estados como el sur de California, Arizona, Nuevo México, Alabama, Georgia, Luisiana, Misisipi y Carolina del Sur.

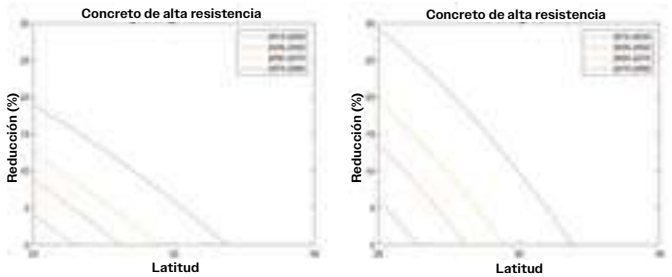


Fig. 5: Reducciones promedio en la vida útil por banda de latitud y por período de tiempo

Impacto del aumento de precipitación en las superficies de concreto

La exposición a la lluvia actúa como un proceso de erosión superficial lento en la infraestructura de concreto. Estudios de campo en muros de 3 m (10 pies) de altura han mostrado que la tasa de erosión (que va de sin pérdida = 0, a pérdida completa = 1) fue del 30% en un período de 40 años[20]. Los datos del proyecto del Sistema de Asimilación de Datos Terrestres de la NASA proyectan un aumento de 38 mm (1.5 pulg.) de precipitación anual en los próximos 70 años[21]. El Informe de Síntesis del IPCC proyecta un aumento del 0 al 10% en la precipitación promedio entre 1986 y 2005, seguido de un incremento similar entre 2081 y 2100 para las regiones húmedas, según la escala de colores en las Fig. 3 y 4 (de más seco a más húmedo), y una posible disminución equivalente en las regiones secas.

En una ubicación promedio de 3 m de altura en infraestructura de concreto reforzado, un aumento proyectado de 38 mm de precipitación anual en los próximos 70 años corresponde a una tasa de erosión del 32% del recubrimiento. Con esta tasa, se proyecta que al final de la vida útil estimada de 70 años no

quedará recubrimiento en promedio. Este sería el escenario esperado para regiones húmedas, pero podría no observarse en regiones actualmente secas, según las proyecciones del IPCC. Nuestro análisis del aumento de las precipitaciones es rudimentario y se ofrece a título exhaustivo para ser completado. Para capturar el impacto de la precipitación en la reducción de vida útil, se necesitan proyecciones de eventos extremos y un análisis del impacto de la intensidad de la lluvia en la erosión del concreto.

Efectos de la temperatura y la precipitación en la carbonatación del concreto reforzado

Aplicando las expresiones derivadas experimentalmente por Shoukry et al.[15], dado un aumento en la temperatura, éste impactará las propiedades mecánicas. Este efecto se incorpora en un modelo de carbonatación del concreto reforzado para evaluar su impacto en la corrosión de las varillas de refuerzo y el deterioro del concreto circundante[17,18]. Se encontró que un aumento de 3 °C (5.4 °F) en la temperatura (una proyección más alta del IPCC) provoca una reducción neta menor del 0.6% en la presión crítica para la formación de grietas en el NSC.

Sin embargo, la erosión por lluvia, como se consideró en la sección anterior, puede reducir el recubrimiento de concreto sobre las barras de acero, acortando la distancia que debe recorrer el frente de carbonatación para iniciar el proceso de corrosión. Talukdar y Banthia[22] encontraron que las áreas urbanas propensas a condiciones secas y cálidas también son propensas a la carbonatación, lo que podría reducir la vida útil en 15 a 20 años debido a la aceleración de los procesos de carbonatación. El impacto del clima global en este valor es menor, con una reducción neta de sólo 0.6% en la presión crítica para la formación de grietas.

Implicaciones Prácticas

Para abordar los cambios en el entorno de servicio de nuestra infraestructura de concreto, sugerimos tres enfoques:

- Desarrollo de nuevos materiales por parte de científicos especializados en materiales, diseñados específicamente para climas determinados, como cementos o recubrimientos que respondan al medio ambiente.
- Incorporación de estos materiales por ingenieros estructurales en el diseño de estructuras para las condiciones climáticas de servicio previstas. Por ejemplo, aumentar el recubrimiento para adaptarse a los cambios en la precipitación.

Tabla 1:
Reducción de vida útil para edificios construidos entre 2030 y 2050

	Construídos entre 2030 y 2050													
	HSC							NSC						
		Vida útil de diseño, años							Vida útil de diseño, años					
		30		50		70			30		50		70	
Condado	R, %	SL	R	SL	R	SL	R	R, %	SL	R	SL	R	SL	R
Yuma, AZ	0.75	29.77	0.23	49.62	0.38	69.47	0.53	1.26	29.62	0.38	49.37	0.63	69.12	0.88
Imperial, CA	3.24	29.03	0.97	48.38	1.62	67.73	2.27	5.38	28.39	1.61	47.31	2.69	66.23	3.77
Hidalgo, TX	5.89	28.23	1.77	47.05	2.95	65.87	4.13	9.70	27.09	2.91	45.15	4.85	63.21	6.79
Monroe, FL	8.09	27.57	2.43	45.96	4.05	64.34	5.66	13.20	26.04	3.96	43.44	6.60	60.76	9.24

Note: R es la reducción; SL es la vida útil del servicio

Tabla 2:
Reducción de vida útil para edificios construidos entre 2070 y 2090

	Constructed between 2070 and 2090													
	HSC							NSC						
		Vida útil de diseño, años							Vida útil de diseño, años					
		30		50		70			30		50		70	
Condado	R, %	SL	R	SL	R	SL	R	R, %	SL	R	SL	R	SL	R
Yuma, AZ	11.95	26.42	3.59	44.03	5.97	61.64	8.36	19.23	24.23	5.77	40.38	9.62	56.54	13.46
Imperial, CA	14.15	25.75	4.25	42.92	7.08	60.09	9.91	22.60	23.22	6.78	38.70	11.30	54.18	15.82
Hidalgo, TX	16.51	25.05	4.95	41.75	8.26	58.44	11.56	26.14	22.16	7.84	36.93	13.07	51.70	18.30
Monroe, FL	18.45	24.46	5.54	40.77	9.23	57.08	12.92	29.00	21.30	8.70	35.50	14.50	49.70	20.30

Nota: R es la reducción; SL es la vida útil del servicio

- Prescripción por parte de los municipios de planes de mantenimiento y presupuestos basados en el entorno, adaptados a condiciones cambiantes para estructuras con vidas útiles prolongadas. Por ejemplo, los municipios podrían aprender de regiones que actualmente experimentan los cambios climáticos que podrían enfrentar en el futuro, utilizando herramientas en línea como la aplicación web Urban Climates[23].

Los conocimientos obtenidos de este estudio ofrecen una primera advertencia para los planificadores de infraestructura y presentan oportunidades para investigar en los ámbitos de materiales, construcción, regulaciones y políticas, con el fin de lograr una infraestructura resiliente y sostenible.

Referencias

1. Meyer, C., "Concrete Materials and Sustainable Development in the USA," Structural Engineering International, V. 14, No. 3, Aug. 2004, pp. 203-207.
2. Koch, G.H.; Brongers, M.P.H.; Thompson, N.G.; Virmani, V.P.; and Payer, J.H., "Corrosion Costs and Preventative Strategies in the United States," Report FHWA-RD-01-156, Federal Highway Administration (FHWA), Washington, DC, Mar. 2002, 773 pp.
3. Neville, A.M., Properties of Concrete, fifth edition, Pearson Education, United Kingdom, 2012, 846 pp.
4. "Climate Divisional Dataset (nClimDiv)," National Oceanic and Atmospheric Administration, National Centers for Environmental Information, https://www.drought.gov/data-maps-tools/climate-division- datasets-nclimdiv. (last accessed Apr. 2020)
5. Stanish, K.D.; Hooton, R.D.; and Thomas, M.D.A., "Testing the Chloride Penetration Resistance of Concrete: A Literature Review," FHWA Contract DTFH61-97-R-00022, Federal Highway Administration (FHWA), Washington, DC, 2001, 31 pp.
6. Mehta, P.K., and Monteiro, P.J.M., Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, fourth edition, McGraw-Hill Education, New York, 2013, 675 pp.
7. Stewart, M.G.; Wang, X.; and Nguyen, M.N., "Climate Change Impact and Risks of Concrete Infrastructure Deterioration," Engineering Structures, V. 33, No. 4, Apr. 2011, pp. 1326-1337.
8. Talukdar, S.; Banthia, N.; and Grace, J.R., "Carbonation in Concrete Infrastructure in the Context of Global Climate Change: Part 1– Experimental Results and Model Development," Cement and Concrete Composites, V. 34, No. 8, Sept. 2012, pp. 924-930.
9. Nik, V.M.; Mundt-Petersen, S.O.; Kalagasidis, A.S.; and De Wilde, P., "Future Moisture Loads for Building Facades in Sweden: Climate Change and Wind-Driven Rain," Building and Environment, V. 93, Part 2, Nov. 2015, pp. 362-375.
10. Kanazu, T.; Matsumura, T.; Nishiuchi, T.; and Yamamoto, T., "Effect of Simulated Acid Rain on Deterioration of Concrete," Water, Air, and Soil Pollution, V. 130, Aug. 2001, pp. 1481-1486.
11. R Core Team, "R: A Language and Environment for Statistical Computing," R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.
12. "Climate Change 2014: Synthesis Report," The Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer, eds., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, 2014, 151 pp.
13. Lloyd, R.R., "8 - Accelerated Aging of Geopolymers," Geopolymers, 2009, pp. 139-166.
14. Carino, J.N., "The Maturity Method: Theory and Application," Cement, Concrete, and Aggregates, V. 6, No. 2, Jan. 1984, pp. 61-73.
15. Shoukry, S.N.; William, G.W.; Downie, B.; and Riad, M.Y., "Effect of Moisture and Temperature on the Mechanical Properties of Concrete," Construction and Building Materials, V. 25, No. 2, Feb. 2011, pp. 688-696.
16. Tank, R.C., "The Rate Constant Model for Strength Development of Concrete," PhD dissertation, Polytechnic University, Brooklyn, NY, June 1988.
17. Bažant, Z.P., "Physical Model for Steel Corrosion in Concrete Sea Structures-Theory," Journal of the Structural Division, ASCE, V. 105, No. 6, June 1979, pp. 1137-1153.
18. El Maaddawy, T., and Soudki, K., "A Model for Prediction of Time from Corrosion Initiation to Corrosion Cracking," Cement and Concrete Composites, V. 28, No. 3, Mar. 2007, pp. 168-175.
19. Kim, T., and Rens, K.L., "Concrete Maturity Method Using Variable Temperature Curing for Normal and High-Strength Concrete, I: Experimental Study," Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, V. 20, No. 12, Dec. 2008, pp. 727-734.
20. Hadja, K., and Kharchi, F., "The Erosion of Reinforced Concrete Walls by the Flow of Rainwater," International Journal of Concrete Structures and Materials, V. 11, No. 1, Feb. 2017, pp. 151-159.
21. "Land Data Assimilation System," NASA, https://ldas.gsfc.nasa. gov/ldas/land-data-assimilation-system. (last accessed Apr. 2020)
22. Talukdar, S., and Banthia, N., "Carbonation in Concrete Infrastructure in the Context of Global Climate Change: Development of Service Lifespan Model," Cement and Building Materials, V. 40, Mar. 2013, pp. 775-782.
23. Fitzpatrick, M.C., and Dunn, R.R., "Contemporary Climatic Analogs for 540 North American Urban Areas in the Late 21st Century," Nature Communications, V. 10, No. 1, Feb. 2019.

Estudiante y miembro del ACI, **Naiara R. Tonin,** es candidata a un doctorado en ingeniería estructural y mecánica estructural en la Universidad de Colorado, Boulder, Boulder, CO, EE. UU. Su investigación actual se centra en métodos de inteligencia artificial para caracterizar las propiedades mecánicas del concreto. Comenzó sus estudios de posgrado en la Universidad de Ottawa, Ottawa, ON, Canadá, y obtuvo su licenciatura en la Universidad Estatal de Minas Gerais, Passos, MG, Brasil. Tonin también tiene más de 7 años de experiencia en la industria de la construcción pesada.

Miembro joven profesional del ACI, **Sannidhya K. Ghosh,** es ingeniero estructural en DCI Engineers. Obtuvo su doctorado en ingeniería estructural de la Universidad de Colorado, Boulder. Su investigación doctoral estudió la "Interdependencia del envejecimiento y el comportamiento dinámico del concreto." Recibió su licenciatura en ingeniería civil de la Universidad de Jadavpur, Kolkata, India, y su maestría de la Universidad de Colorado, Boulder.

Miembro del ACI, **Balaji Rajagopalan,** es profesor en la Universidad de Colorado, Boulder. Su investigación actual se centra en entender la variabilidad hidroclimática y sus extremos en espacio y tiempo, con aplicaciones en la gestión de recursos hídricos. También estudia el impacto del clima para la seguridad en la construcción y la migración humana. Obtuvo su doctorado en la Universidad Estatal de Utah, Logan, UT, EE. UU.

Miembro del ACI, **Mija H. Hubler,** es profesora asociada en la Universidad de Colorado, Boulder. Su investigación actual se centra en el envejecimiento del concreto y los materiales y métodos de construcción alternativos. Hubler obtuvo su licenciatura en la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign, IL, EE. UU.; su maestría en la Universidad de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU.; y su doctorado en la Universidad de Northwestern, Evanston, IL. Es presidenta del Comité 209 del ACI, Deformación y contracción del concreto.

Título original en inglés:
Lifetime Reduction of Concrete Infrastructure due to Global Warming in the United States

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo México Sureste

Traductora:
Ing. Maria Jesús Domínguez Ramos

Traductor y Revisor Técnico:
Dr. Josseph Eli Mandujano Zavala

04

El Contexto de Medición para la Cuantificación del Contenido de Carbono

Por Edward Garboczi, Bruce Scruggs, Alexander K. Landauer, Prannoy Suraneni y los miembros del Grupo de trabajo: Cuantificación del contenido de carbono(ate) en el Consorcio de cementos y hormigones con bajo contenido de carbono del NIST

Aunque el carbono incorporado del concreto por unidad de volumen es bajo, su contribución total es significativa debido al gran volumen que se utiliza en todo el mundo en una amplia gama de aplicaciones. Por lo tanto, un objetivo importante de las industrias mundiales del cemento y el concreto es reducir las emisiones de carbono mientras se mantiene o mejora la constructibilidad, el costo, la confiabilidad, el desempeño y la durabilidad que caracterizan al concreto.

El objetivo de lograr concreto con carbono neto cero para el año 2050 ha sido planteado en una gran variedad de sectores. Se han desarrollado muchas iniciativas de partes interesadas, códigos y estándares voluntarios para reducir el carbono. Como otro paso hacia la disminución de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) de la industria, muchos gobiernos estatales y locales en los Estados Unidos, así como algunas agencias federales, están exigiendo reducciones específicas en las emisiones de carbono para los materiales de concreto suministrados a sus proyectos.

Por consiguiente, se están llevando a cabo esfuerzos en la industria, el gobierno y el ámbito académico para optimizar los materiales y procesos actuales, así como para desarrollar nuevos materiales cementantes y tecnologías que puedan cumplir con criterios específicos de reducción. La validación de afirmaciones sobre la reducción de carbono incorporado depende de demostrar, de manera cuantitativa y precisa, con una incertidumbre conocida, que un material o proceso cumple con dichos criterios.

Antecedentes de la Participación del NIST

El papel del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) es desarrollar mediciones precisas y exactas que puedan ser utilizadas por la industria. En 2022, se fundó el Consorcio de Cementos y Concretos de Bajo Carbono del NIST [1]. Actualmente, este consorcio cuenta con cerca de 50 organizaciones miembro y tiene como objetivos desarrollar técnicas de medición trazables, precisas y estandarizadas para el contenido de carbono en el concreto, además de implementar estas técnicas en guías, estándares y especificaciones.

Estas mediciones serán la base para los estándares, especificaciones, códigos y guías de la industria. Estos documentos permitirán la aceptación de materiales y procesos existentes o innovadores, garantizando el cumplimiento de las especificaciones y códigos de construcción emitidos por entidades privadas y gubernamentales.

Existe un esfuerzo internacional en curso para desarrollar métodos precisos y relevantes para la industria que permitan medir el contenido de carbono en diversos materiales cementantes. En 2022, la Unión Internacional de Laboratorios y Expertos en Materiales de Construcción, Sistemas y Estructuras (RILEM, por sus siglas en inglés) inició un Comité Técnico sobre Carbonatación Mineral Acelerada para la Producción de Materiales de Construcción (TC-MCP).

Los esfuerzos iniciales del grupo de trabajo de medición del TC-MCP se han centrado en elaborar un documento técnico que revise y compare los métodos de medición disponibles. Aunque los esfuerzos del Consorcio del NIST se superponen con los del TC-MCP, este artículo ofrece una perspectiva sustantiva basada en el conocimiento colectivo de los miembros del consorcio sobre cómo el contexto de medición afecta las mediciones del contenido de carbono en materiales cementantes.

La diversidad de perspectivas dentro del consorcio es importante, ya que cada miembro tiene un entorno de uso único que influye en los requisitos y especificaciones de las mediciones del contenido de carbono.

El Consorcio del NIST no está enfocado en desarrollar nuevos materiales de bajo carbono. Sin embargo, esta tarea está siendo llevada a cabo por otros laboratorios gubernamentales de los EE. UU., como el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, por sus siglas en inglés) **https://www.nrel.gov/news/program/2023/turning-mining-waste-into-sustainable-concrete-replacement.html** y el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (ORNL, por sus siglas en inglés) **www.ornl.gov/publication/innovative-carbonated-cementitious-material-and-its-printability-and-carbon**, cuyas iniciativas incluyen el desarrollo de materiales cementantes carbonatados innovadores y su aplicabilidad en la construcción.

Definiendo el Contexto de Medición

El "contexto de medición" se define como el tipo de material a medir, el entorno local donde se realizará la medición, la precisión y exactitud requeridas, y las posibles interferencias que deben ser gestionadas. Este contexto influye en las técnicas cuantitativas específicas que se emplearán para medir y documentar la cantidad de carbono presente durante la fabricación o capturado a lo largo del tiempo por los materiales cementantes.

Los componentes del contexto de medición no son independientes entre sí, sino que ejercen una fuerte influencia mutua. Los esfuerzos iniciales del Grupo de Trabajo para la Cuantificación del Contenido de Carbono(ato) (WGQCC, por sus siglas en inglés) del consorcio se han enfocado en definir y analizar estos contextos de medición.

En el WGQCC, se planteó una serie de preguntas a los participantes para obtener perspectivas más profundas. La Tabla 1 resume los complejos aspectos que conforman el contexto de medición. Estas preguntas, junto con un resumen de las respuestas recibidas de los miembros del WGQCC provenientes de la academia, la industria y el gobierno, que trabajan en materiales tradicionales y nuevos, están disponibles como material suplementario asociado a este artículo.

Tabla 1:
Contexto de medición y dominios

Dominio	Contexto de medición
Forma / fase del carbono que necesita ser medida	MT, MI
Escala de tiempo, volumen y entorno / ubicación donde se necesitan las mediciones de cuantificación de carbono	LE, RPA
Rango de materiales que necesitan ser medidos	MT, MI, RPA
Mediciones realizadas en concreto fresco durante la fabricación (en planta o campo) frente a un laboratorio de pruebas después de la fabricación	LE, RPA
Las muestras de material endurecido podrían ser recién fabricadas o emplazamientos a largo plazo	LE, MI
Las mediciones de fase de vapor pueden ser necesarias durante los procesos de curado con CO_2 de carbonatación	MT, MI
Desafíos técnicos encontrados en la preparación de muestras y mediciones	LE, RPA
Un amplio rango de contenido de carbono que debe ser medido podría tener diferentes niveles deseados de precisión e incertidumbres permitidas	MT, RPA
Correcciones de medición basadas en el carbono presente en las materias primas	MT, MI, RPA
La precisión e incertidumbre requeridas probablemente estén relacionadas con el tamaño de la muestra, la escala de tiempo y las mediciones en laboratorio frente a campo	LE, RPA
Las futuras necesidades de medición podrían incluir adiciones de materiales ricos en carbono, como biochar o plásticos de desecho	MT, RPA, MI

Nota: MT: Tipo de material MI: Posibles interferencias en la medición
LE: Entorno local RPA: Precisión y exactitud requeridas

La Tabla 1 enumera conceptos específicos importantes, basados en los aportes de los miembros del consorcio, que ayudan a definir el contexto de medición. Estos conceptos se aplican tanto a materiales que mineralizan carbono con el tiempo y se curan principalmente mediante reacción con agua, como a aquellos que se curan principalmente mediante reacción con CO_2 (proveniente de diversas fuentes).

Además de informar la discusión sobre el contexto de medición, la tabla ayuda a identificar los desafíos y vacíos en nuestra comprensión de las implicaciones de dicho contexto.

Es importante señalar que las propiedades convencionales del concreto, como la resistencia, los módulos elásticos, las propiedades de transporte y la durabilidad, también deben medirse junto con el contenido de carbono. Las preguntas relacionadas con los efectos del contenido de carbono en estas propiedades (después de la exposición al CO_2 o al utilizar materiales que secuestran CO_2) son relevantes, pero están fuera del alcance de este artículo.

Las siguientes secciones analizan con mayor detalle los diversos componentes del contexto de medición.

Tipo de Material

La gama de materiales cuyo contenido de carbono deberá medirse es amplia, incluyendo cementos (con una variedad de composiciones químicas), materiales cementantes suplementarios (SCM, por sus siglas en inglés), agregados, pastas de cemento, morteros y concretos. Esta lista abarca materiales que se curan parcial o completamente utilizando CO_2 como reactivo mediante procesos deliberados de mineralización de CO_2[2].

En el caso de los materiales curados con CO_2, también puede ser necesario considerar mediciones en fase vapor para inferir cuánto CO_2 se consume en la mineralización midiendo cuánto CO_2 se pierde[3]. Además, será necesario medir el contenido de carbono a lo largo del tiempo debido a la carbonatación de concreto existente o recién fabricado.

Desde la perspectiva de la industria, es útil considerar ejemplos específicos de materiales como estudios de caso para el contexto de medición. Un ejemplo es una unidad de mampostería de concreto (CMU, por sus siglas en inglés) compuesta por una suspensión de hidróxido de calcio y SCM, curada

mediante inyección de CO_2[4,5]. En el caso del concreto premezclado, pueden utilizarse SCM carbonatados como parte del material cementante[6]. También es relevante medir la carbonatación de este material a lo largo del tiempo.

Otro ejemplo es un material basado en cemento portland curado con agua, excepto que se inyecta CO_2 durante el proceso de mezclado, el cual se mineraliza parcialmente al convertir el hidróxido de calcio (un producto de la hidratación del cemento portland) y otras fases del cemento en carbonato de calcio ($CaCO_3$) en diferentes formas polimórficas [7].

Además, los materiales pueden curarse mediante la producción biológica de carbonatos, por ejemplo, a través del uso de bacterias u hongos. Los cementos y los SCM son los sistemas más simples para medir el contenido de carbono, dado que son mayormente anhidros y contienen un número limitado de fases que contienen carbono.

El concreto, por otro lado, es más complejo porque contiene agregados gruesos y finos. Los agregados presentan desafíos adicionales para medir el carbono, no solo porque diluyen el contenido de carbono en la mezcla total, sino también porque introducen variaciones entre muestras debido a diferencias en el contenido de pasta de cemento frente al contenido de agregados. Esto es especialmente relevante en el caso de agregados de piedra caliza o dolomita.

Incluso los materiales que no son de dolomita o piedra caliza pueden tener impurezas carbonatadas en un rango de 0.5 a 2.0% en masa. Dado que los agregados representan una gran proporción de la masa del concreto (generalmente el 75% en el concreto convencional y hasta el 92% en las CMU[8]), incluso estos niveles relativamente bajos de carbono preexistente en los agregados pueden resultar en niveles de carbono de fondo comparables a la cantidad de CO_2 mineralizado durante o después del curado, o como resultado de algún otro proceso de captura de carbono.

Entorno Local

Existen diferencias significativas entre los entornos de laboratorio, planta y campo que deben considerarse al seleccionar las técnicas de medición relevantes, ya que son fundamentales para el contexto de medición. El entorno local de la medición influye en la selección de técnicas, así como en los protocolos de muestreo y preparación de muestras.

En las instalaciones de fabricación, como plantas de materiales cementantes, de unidades de mampostería de concreto (CMU, por sus siglas en inglés), de concreto premezclado o de concreto prefabricado, las mediciones de carbono pueden realizarse durante la fabricación o después del curado en el sitio de construcción. En las plantas, estas mediciones pueden realizarse en laboratorios dedicados o en línea durante la producción. Por otro lado, las mediciones en campo pueden ser necesarias después del curado para verificar el cumplimiento de especificaciones o en estructuras existentes con concreto de varios años.

Es posible que el muestreo se realice únicamente en el campo, y las mediciones se lleven a cabo posteriormente en un laboratorio. Los ensayos pueden realizarse en laboratorios del fabricante, de la empresa constructora o en agencias comerciales independientes.

Para las instalaciones de fabricación, las mediciones podrían realizarse de manera periódica, lo que implica un gran número de muestras recolectadas regularmente. En estos casos, los protocolos precisos de muestreo y el diseño experimental son cruciales. Por ejemplo, en mediciones en campo, como en pavimentos, donde se recolectan muestras puntuales al final del curado, el desafío radica en mantener la consistencia en los contenidos de arena y agregados entre muestras.

La homogeneidad es esencial, especialmente para concreto, donde puede ser necesario recolectar grandes volúmenes de material (kilogramos) y pulverizarlos para garantizar representatividad.

Precisión y Exactitud Requerida

La exactitud de medición requerida en una instalación de campo se verá influida por la exactitud y la precisión exigidas por una norma o una especificación de material, por el hecho de que estos materiales se hayan fabricado en una instalación o se hayan formado en el campo, y por la escala de tamaño de la muestra/instalación. Una instalación a gran escala puede requerir muchas muestras, lo que probablemente reducirá la precisión de medición requerida para cada muestra. La intención de la medición también podría influir en la cantidad y la precisión de la medición requerida: por ejemplo, ¿se trata de cumplir una especificación o de documentar ampliamente las demandas de carbonatación del material?

La cantidad de material que debe medirse para determinar el contenido de carbono a fin de alcanzar la precisión y exactitud requeridas (RPA, por sus siglas en inglés) se verá afectada por el tipo de muestra y por el número de muestras necesarias. En el caso de las muestras individuales, los polvos anhidros y las muestras de pasta de cemento pueden tener una masa del orden de gramos, las muestras de mortero entre 10 y 100 gramos, y las muestras de

hormigón tienen una masa de al menos 100 gramos. Estas cifras se derivan de los diseños de las mezclas. Por ejemplo, los morteros tienen aproximadamente entre un 30 y un 40% de pasta de cemento en masa, los hormigones tienen aproximadamente entre un 20 y un 30% de pasta de cemento en masa y las UMC tienen aproximadamente entre un 8 y un 15% de pasta de cemento en masa. Todos ellos requieren muestras del volumen necesario para conseguir una cantidad representativa de material tal que el contenido de carbono medido de estas muestras sea una medida precisa del contenido de carbono de todo el material.

El número de muestras dependerá de los objetivos generales de las mediciones, las necesidades de las instalaciones de fabricación, las escalas espaciales y temporales de una instalación sobre el terreno y la variabilidad de las mediciones esperada frente a la requerida. El tipo de medición también puede verse afectado por el tamaño y el número de muestras de material, quizás necesitando un método de medición más rápido, con mayor incertidumbre, aplicado a muestras más grandes o numerosas.

Interferencias en las Mediciones

En el caso de los cementos anhidros y los SCM, las interferencias son limitadas; es decir, la mayoría o la totalidad de los carbonatos medidos ya están presentes con una cantidad conocida o nula de CO_2 añadido al material en el proceso de fabricación. Sin embargo, si un SCM se expone a un proceso de mineralización de CO_2, entonces el contenido de carbono medido después del proceso debe corregirse utilizando el valor medido antes del proceso[9]. En el caso de las pastas de cemento, una fuente de carbono preproceso procede del cemento y del SCM.

Por lo tanto, el contenido de carbono medido post-proceso de las pastas de cemento debe corregirse por el contenido de carbono del cemento y SCM y las fracciones de masa del cemento y SCM. En el caso del hormigón, debe corregirse el contenido de carbono del cemento, los SCM y los agregados. Por lo tanto, una buena práctica consiste en medir siempre el contenido de carbono de los materiales constituyentes antes de su uso para determinar el nivel de fondo o el contenido de carbono preexistente, de modo que puedan medirse con precisión los contenidos de carbono posteriores al proceso[10]. Esta práctica también se extendería al uso de materiales reciclados como componentes de nuevos materiales.

La mejor práctica consiste en tomar muestras de los materiales constituyentes lo más cerca posible en el tiempo y en el lugar de la fabricación del hormigón utilizado en la situación de ensayo. Por supuesto, las muestras tomadas en un laboratorio o sobre el terreno en cualquier estado de curado deben protegerse contra la carbonatación involuntaria.

Sin embargo, habrá algunos escenarios en los que no se disponga de muestras de las materias primas iniciales (por ejemplo, en una losa preexistente), por lo que habrá que considerar cuál es la mejor manera de estimar el nivel de fondo del contenido de carbono preexistente. Un método puede ser el muestreo y ensayo del hormigón a varias profundidades desde la superficie expuesta para determinar el nivel de carbono de fondo a profundidades que no muestren niveles de carbonatación adicionales apreciables.

En la mayoría de los casos, el CO_2 es absorbido por la fracción cementante (pasta de cemento). Las excepciones incluirían, por ejemplo, situaciones en las que el agregado está compuesto de piedra caliza sintética utilizada para secuestrar CO_2. Normalmente, al pasar de la pasta de cemento al hormigón, la fracción de masa total de la absorción de CO_2 se reduce, porque la pasta de cemento comprende una fracción de masa menor de todo el material. Sin embargo, dado que se utilizan mayores volúmenes de concreto en comparación con la pasta de cemento, el volumen total del contenido real de carbono que debe medirse aumenta, pero está distribuido de forma más heterogénea, lo que hace que la medición sea más compleja y menos fiable, si no se tiene cuidado.

Futuras Necesidades de Medición

Con la atención que se presta actualmente a los residuos plásticos, se han realizado algunos trabajos sobre la fabricación de agregados a partir de residuos de polímeros como medio de reciclar los residuos plásticos y reducir la cantidad de carbono libre en el medio ambiente. Otra fuente de residuos con carbono que podría incorporarse al hormigón procede del biocarbón de incineradoras o incendios forestales[11]. El carbono podría mineralizarse para precipitar minerales para la formación de agregados. Estos ejemplos complican aún más la medición del contenido de carbono del cemento y el concreto. Una técnica de medición podría tener que diferenciar entre el carbono en los agregados plásticos y la absorción de carbono en la pasta de cemento. La capacidad de las técnicas de medición habituales para diferenciar estas mediciones no está clara. Sin embargo, los agregados plásticos podrían tratarse del mismo modo que los agregados de piedra caliza o dolomita, ya sean naturales o artificiales.

Recomendaciones

Uno de los principales objetivos del Consorcio de Cementos y Hormigón Bajos en Carbono del NIST es identificar métodos de medición del contenido de carbono que hagan hincapié en la precisión, la simplicidad y la facilidad de uso. Sin embargo, la solución a una determinada necesidad de medición depende del contexto de medición, y es probable que se requieran varios tipos de mediciones. Los diversos retos técnicos que surgen del contexto de medición no pueden ignorarse y deben tenerse en cuenta a la hora de decidir qué medición del contenido de carbono para materiales cementosos es la «mejor». Quienes formulan las especificaciones basadas en el carbono también deben tener en cuenta el contexto de medición al intentar especificar la precisión y exactitud requeridas, ya que las variaciones en los entornos locales y los tipos de materiales darán lugar a distintos niveles de interferencias en la medición.

Referencias

1. Low Carbon Cements and Concretes Consortium, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD, https://www.nist.gov/programs-projects/low-carbon-cements-and-concretes-consortium
2. Zajac, M.; Skibsted, J.; Durdzinski, P.; Bullerjahn; Skocck, J.;and Haha, M.B., "Kinetics of Enforced Carbonation of Cement Paste," Cement and Concrete Research, V. 131, May 2020.
3. Regnault, O.; Lagneau, V.; and Schneider, H., "Experimental Measurement of Portlandite Carbonation Kinetics with Supercritical CO," Chemical Geology, V. 265, No. 1-2, July 2009, pp. 113-121.
4. Monkman, S., and Shao, Y., "Integration of Carbon Sequestration into Curing Process of Precast Concrete," Canadian Journal of Civil Engineering, V. 37, No. 2, Feb. 2010, pp. 302-310.
5. Wang, X.; Guo, M.Z.; and Ling, T.C., "Review on CO2 Curing of Non-Hydraulic Calcium Silicates Cements: Mechanism, Carbonation and Performance," Cement and Concrete Composites, V. 133, Oct. 2022.
6. Leemann, A.; Winnefeld, F.; Münch, B.; and Läng, F., "Carbonated Wollastonite – An Effective Supplementary Cementitious Material," Journal of Microscopy, V. 286, No. 2, May 2022, pp. 120-125.
7. Monkman, S.; Sargam, Y.; Naboka, O.; and Lothenbach, B., "Early Age Impacts of CO2 Activation on the Tricalcium Silicate and Cement Systems," Journal of CO2 Utilization, V. 65, Nov. 2022.
8. Walloch, C.; Powers, L.; Broton, D.; and Thompson, J., "Conceptual Test Protocols for Measuring Carbon Sequestration of Manufactured Dry-Cast Concrete Products," STP1640:Masonry 2022:Advancing Masonry Technology, B. Trimble and J. Farny, eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022, pp. 59-86.
9. Huntzinger, D.N.; Gierke, J.S.; Kawatra, S.K.; Eisele, T.C.; and Sutter, L.L., "Carbon Dioxide Sequestration in Cement Kiln Dust through Mineral Carbonation," Environmental Science & Technology, V. 43, No. 6, Mar. 2009, pp. 1986-1992.
10. Takahashi, H.; Maruyama, I.; Ohkubo, T.; Kitagaki, R.; Suda Y., Teramoto, A.; Haga, K.; and Nagase, T., "Error Factors in Quantifying Inorganic Carbonate CO2 in Concrete Materials," Journal of Advanced Concrete Technology, V. 21, No. 10, Oct. 2023, pp. 789-802.
11. Senadheera, S.S.; Gupta, S. Tsang, D.C.W.; and Ok, Y.S., "Application of Biochar in Concrete – A Review." Cement and Concrete Composites, V. 143, Oct. 2023.

Edward Garboczi es un investigador retirado del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), donde trabajó durante 36 años. Es Fellow de la Sociedad Americana de Concreto (ACI) y de la Sociedad Americana de Cerámica. Fue uno de los cofundadores de la ciencia computacional de materiales para concreto y pionero en el análisis tridimensional de partículas mediante tomografía computarizada de rayos X en materiales como cemento, arena, grava, vidrio triturado, polvos metálicos y regolito lunar. Obtuvo su doctorado en física de materia condensada teórica en la Universidad Estatal de Michigan.

Bruce Scruggs es químico investigador en el Grupo de Metrología Química Inorgánica de NIST desde 2020. Su trabajo se centra en el uso de fluorescencia de rayos X y análisis por combustión para certificar materiales como aleaciones metálicas, pinturas, vidrios y cementos. Posee un doctorado en ingeniería química del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

Alexander K. Landauer es ingeniero mecánico y experto en mecánica sólida experimental en el Laboratorio de Medición de Materiales de NIST. Su labor incluye análisis óptico de deformación, pruebas mecánicas y caracterización de materiales, utilizando técnicas de imagen junto con experimentos in situ y computacionales. Obtuvo su doctorado en mecánica de sólidos en la Universidad de Brown.

Prannoy Suraneni es profesor asociado de Ingeniería Civil y Arquitectónica en la Universidad de Miami desde 2024. Sus investigaciones se centran en materiales cementantes suplementarios e infraestructura costera. Ha publicado 107 artículos científicos que acumulan cerca de 4600 citas. Obtuvo su doctorado en ingeniería civil en ETH Zürich, Suiza.

Título original en inglés:
The Measurement Context of Carbon Content Quantification

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Perú

Traductor:
Bach. Ing. Braveheart Roger Rojas Ureta

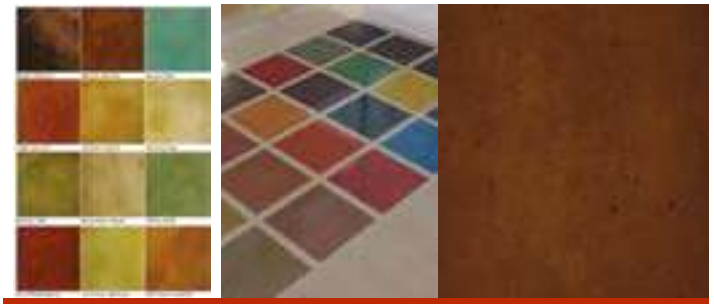
Revisores Técnicos:
Ing. Julio Higashi Luy

Ing. Jakelyn Quispe Vásquez

05

Mejores prácticas en concreto decorativo

Preparación de muestras de producto



Las muestras y los gráficos pequeños pueden ayudar al contratista y al propietario a establecer objetivos iniciales. Sin embargo, se recomienda realizar maquetas para evitar confusiones o expectativas poco razonables.

Cuando se utilizan correctamente, las muestras de productos pueden inspirar y motivar al propietario o al responsable de la toma de decisiones, a elegir un equipo de construcción y sus productos. Unas muestras eficaces deben evidenciar en qué consiste el sustrato que se va a tratar, los sistemas para su instalación, y el resultado final previsto del proyecto propuesto. Sin embargo, pueden demostrar mucho más, como la destreza del equipo y su atención al detalle.

Definiendo buenas muestras de productos

Garantizar que las muestras sean dignas de exposición no es tan fácil como se podría pensar. Unas muestras descuidadas, inacabadas, desgastadas, mal aplicadas y maltrechas pueden transmitir la idea de que, por ejemplo, el trabajo del contratista será apresurado y poco minucioso. El responsable de la toma de decisiones también puede inferir que el proceso de instalación no será limpio, que el contratista no tiene experiencia o que está pasando por dificultades económicas.

Una buena presentación puede ayudar a establecer expectativas realistas. En muchas instalaciones de pisos decorativos o de concreto, los consumidores pueden tener expectativas poco realistas sobre su "lienzo" de concreto. Unas muestras y maquetas construidas y colocadas de manera profesional pueden ayudar a evitar esas fantasías, así como a mitigar los malentendidos habituales que pueden dar lugar a retrasos, descuentos o incluso cancelaciones de pagos.

La mayoría de las decisiones de proyectos inician con una carta de colores impresa o quizá con una pequeña muestra física. Sin embargo, el Consejo de Concreto Decorativo (Decorative Concrete Council) recomienda encarecidamente a los contratistas a dar un paso adicional, y preparar muestras de pisos o muros, con la finalidad de traducir eficazmente la escala, el color, la profundidad, la saturación y el tono. Esto es especialmente cierto en proyectos con acabados semitransparentes, multicolor y metálicos.

Las muestras y maquetas deben terminarse por completo, utilizando todos los pasos del proceso para evitar confusiones y expectativas no cumplidas. Para mostrar al propietario o consumidor el resultado que se busca, las muestras deben tener diseños que favorezcan geometrías simples, bordes limpios y superficies libres de excesos de material.

Aunque los documentos de la División 03 del Instituto de Especificaciones de Construcción (CSI) pueden requerir que las muestras de concreto decorativo cubran un área mínima de 3 x 3 m (10 x 10 pies), esto puede no ser práctico de reproducir en todas las obras. En esos casos, puede estar justificada una muestra de menor tamaño o ubicada en otro lugar. El tamaño mínimo dependerá del proceso constructivo. Por ejemplo, una maqueta de concreto estampado tendrá, por la complejidad de la aplicación del concreto in situ, un tamaño mínimo de 1 x 1 m. (4 x 4 pies).

Mejores prácticas durante la revisión de maquetas y muestras

Revise la maqueta final con el propietario, su representante, el cliente u otras partes interesadas cuya opinión sobre el aspecto final es fundamental antes de la compra definitiva (se debe definir quién es el responsable de tomar decisiones en el contrato o acuerdo).

Durante la revisión, utilice cartas de colores, muestras del fabricante o tableros de muestras personalizados, como ayudas para gestionar las expectativas en cuanto a variaciones, variables y variedad.

Evite hacer preguntas subjetivas a los interesados, como: "¿Le gusta?", "¿Es esto lo que quería?" o "¿Le parece bien?". En su lugar, formule preguntas objetivas como, por ejemplo: "¿El resultado final es un reflejo de la muestra original que usted aprobó?" o "¿Es el resultado final un reflejo razonable de la maqueta que acordamos?".

Si resulta práctico, haga que el propietario, su representante, o el cliente, firmen una maqueta real, tómele una foto y distribúyala a todas las partes

interesadas. Un rotulador permanente de punta fina es adecuado para esta tarea.

Repase las actividades de cuidado y mantenimiento que requerirá el proyecto terminado. Si la expectativa de las partes interesadas es prolongar la vida útil del valor estético de la instalación, será necesario un paquete de mantenimiento.

Mezclado correcto

Cuando prepare su estación de mezcla para revestimientos y tintes, asegúrese de incluir el equipo de protección personal (EPP) adecuado para los productos que va a mezclar. Lo más importante para conseguir una mezcla adecuada es la consistencia, así que mida cada componente con precisión en cada paso y no se base en suposiciones. Utilice siempre el mismo proceso, cada vez que realice una mezcla del producto.

Temperatura y humedad

Los fabricantes de productos para concreto decorativo suelen proporcionar rangos aceptables para las temperaturas del aire y de la superficie del concreto, así como para la humedad relativa ambiental. Por ejemplo, varios fabricantes recomiendan aplicar sellantes cuando la temperatura del aire y del concreto están entre 10 y 32 °C (50 y 90 °F) y la humedad relativa es inferior al 85%. Por tanto, asegúrese de que las condiciones son aceptables teniendo a mano un termómetro y un medidor de humedad. Si hace muestras fuera de la obra, intente recrear las mismas condiciones de temperatura que se experimentarán en la obra real.

Los miembros del Consejo del Concreto Decorativo (DCC), un consejo especializado de la Sociedad Americana de Contratistas del Concreto (ASCC), colaborarán con propietarios y arquitectos para desarrollar especificaciones y métodos que permitan cumplir con los requerimientos técnicos para lograr el aspecto final deseado en sus proyectos de concreto decorativo. Para más información, visite **www.ascconline.org** o llame a la línea directa de la ASCC sobre concreto decorativo, contactándose al +1.888.483.5288.

Esta nota de buenas prácticas de la Sociedad Americana de Contratistas de Concreto ha sido seleccionada por los editores para satisfacer el interés del lector. Las opiniones expresadas no necesariamente representan la postura del American Concrete Institute. Se invita a los lectores a que hagan comentarios.

Título original en inglés:
Best Practices in Decorative Concrete. Creating Product Samples

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Colombia

Traductor:
Kevin Andrés Tami Torres

Revisor Técnico:
PhD. Nancy Torres Castellanos

06

Avances de la Ingeniería Estructural en el Centro de Sistemas Estructurales y Entorno Construido de la Universidad Hashemite

Por Ahmad Tarawneh y Ahmad Mhanna

La ingeniería estructural está a la vanguardia de la innovación y moldea el entorno construido en el que habitamos. Incluye el desarrollo de sistemas y materiales estructurales innovadores que pueden soportar diversas cargas, a la vez que garantizan la seguridad de edificios, puentes y otras estructuras. En la Universidad Hashemite en Zarqa, el Reino Hashemite de Jordania, el Centro del Sistema del Entorno Construido y Estructural (BESSC, por sus siglas en inglés) es un símbolo del avance en este campo en el Medio Oriente. Establecido con la perspectiva de elevar la ingeniería estructural, la innovación en el concreto y los procesos educativos, BESSC constituye un centro para las pruebas estructurales y de material y para consultorías especializadas (Fig. 1).

Fig. 1: El Centro del Sistema del Entorno Construido y Estructural (BESSC)

Acerca del Centro

Con un área construida de 3,600 m^2 (38,750 ft^2), BESSC es más que una instalación de investigación, es un catalizador para el cambio en el panorama de la ingeniería estructural en Jordania y en el Medio Oriente. El objetivo principal es mejorar las prácticas de ingeniería estructural a través de la experimentación rigurosa, el desarrollo de sistemas estructurales adaptables y la colaboración con la industria del concreto. El centro busca de manera activa sociedades académicas y de investigación con instituciones científicas y compañías industriales, fomentando así una cultura de colaboración e intercambio de conocimiento. Más aún, BESSC está profundamente comprometido para cumplir con los objetivos más amplios de la universidad en educación superior, investigación científica y servicio a la comunidad. Actualmente más de 40 estudiantes a nivel de posgrado participan en el centro de investigación.

Equipo de Pruebas

De suma importancia para el éxito de BESSC es el equipo de última generación, meticulosamente seleccionado para apoyar la investigación y experimentación de vanguardia. El área de pruebas cubre 300 m^2 (2,330 ft^2), está equipado con un muro de reacción en forma de L de 20 m (66 ft) de largo y 8 m (26 ft) de alto, cuenta con dos grúas puente de 20 toneladas (18 toneladas cortas) (Fig. 2). Esta sólida instalación aloja una gama de herramientas, incluyendo dos estructuras portátiles resistentes al momento, actuadores MTS® de diferentes capacidades, bombas hidráulicas y soportes a la medida. Estos recursos facultan a los investigadores para que lleven a cabo distintas configuraciones de experimentos con el propósito de probar vigas, losas, columnas y muros bajo cargas monotónicas y cíclicas.

El área de ensayo de materiales expone el compromiso de BESSC para entender el desempeño de las estructuras en diversos ambientes. El Centro se enorgullece de sus cámaras de congelación y descongelación, cámaras ambientales a gran escala, máquinas de pruebas MTS Criterion, hornos de convección y máquinas para ensayos de resistencia a la compresión del concreto. Estas instalaciones le permiten a los investigadores simular diversas condiciones climatológicas, lo cual es de suma importancia para entender el comportamiento estructural en diferentes entornos. Además, la extensa colección de equipo de medición de BESSC, incluyendo transformadores diferenciales variables lineales, medidores de tensión, sensores de ancho

de fisuras, acelerómetros, celdas de carga, sistemas de adquisición de datos y otros, garantizan la captura y análisis exhaustivos de datos. De especial interés es el sistema de correlación de imágenes digitales avanzado de la instalación (DIC, por sus iniciales en inglés) para medición de deformaciones, una herramienta vanguardista que habilita un monitoreo no destructivo de deformaciones de alta resolución en componentes estructurales (Fig. 3). El sistema DIC:

- Capta deformaciones diminutas en materiales que se encuentran bajo carga y las convierte en datos de deformaciones cuantificables;
- No requiere conexión mecánica a la superficie del objeto de prueba, no impone ninguna limitación mecánica (tal como longitudes de medición fijas), ni restricciones sobre la velocidad de la prueba y recolección de datos sobre su campo de visión completo; y
- Puede utilizarse para monitorear la propagación de fisuras en componentes estructurales, tales como losas, vigas, columnas y muros de cortante.

Fig. 2: Área de pruebas en BESSC

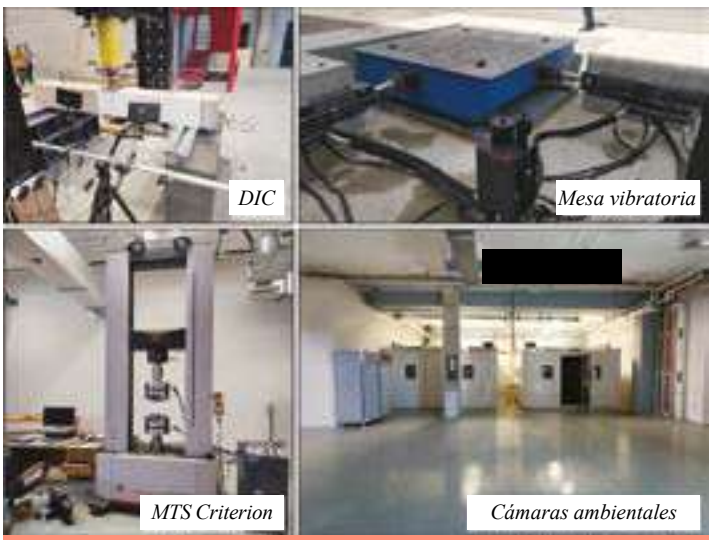


Fig. 3: Equipo de pruebas en BESSC

En BESSC, el sistema DIC se está aprovechando en numerosos proyectos de investigación para avanzar en la comprensión del comportamiento del concreto bajo diferentes condiciones de carga.

Con su mesa vibratoria bidireccional MTS, BESSC proporciona recursos invaluables a los ingenieros e investigadores que trabajan para mejorar el desempeño sísmico de las estructuras, un componente esencial para lograr resiliencia sísmica.

Finalmente, el área de taller de BESSC les brinda a los estudiantes experiencia práctica, permitiéndoles trabajar con partes de madera y acero para realizar pruebas experimentales.

Actividades Actuales / Proyectos de Investigación

Con BESSC, la investigación no está limitada al ámbito de lo teórico; es una tarea práctica impulsada por estudiantes y profesorado apasionados. Actualmente, los estudiantes de pregrado y posgrado de ingeniería están participando en muchos proyectos de investigación que abarcan diversas disciplinas. (Fig. 4).

Uno de esos proyectos se ha centrado en introducir fibras de acero con extremos en forma de gancho para mejorar la resistencia al cortante en vigas de concreto ligero sin estribos (LC-BWS , por sus iniciales en inglés). Los objetivos fundamentales

Fig. 4: Investigación realizada en BESSC

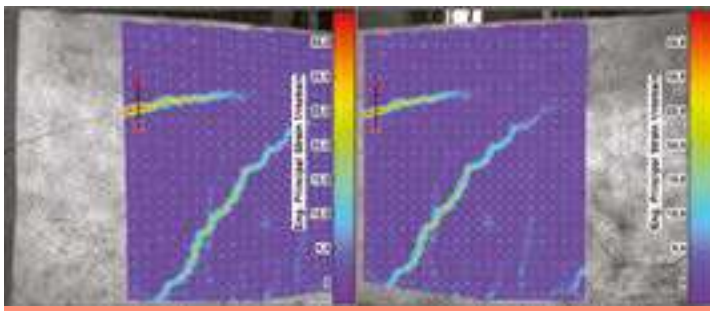


Fig. 5: Propagación de fisuras en un testigo probado

incluyen evaluar la eficacia de las fibras de acero como el refuerzo de cortante mínimo en LC-BWS y evaluar la influencia del peralte de la viga en la capacidad de cortante de dichas vigas. Se fabricaron especímenes utilizando mezclas con 0.5% de contenido de fibra por volumen. Los peraltes de los especímenes variaron de 300 a 900 mm (12 a 36 pulg.) y la relación del refuerzo longitudinal fue de 1 ó 1.5%. La relación claro de cortante contra peralte efectivo fue de 3.5 por cada especímen.

El sistema DIC se utilizó para evaluar la propagación de fisuras (Fig. 5). Los resultados de la prueba indicaron que el esfuerzo de cortante normalizado en la falla disminuyó al incrementar el peralte del especímen, lo que sugiere un efecto de tamaño para los especímenes LC-BWS. No obstante, agregar fibras de acero a la matriz de concreto aumentó significativamente la capacidad de cortante comparada con las predicciones de ACI CODE-318-19 para miembros de concreto reforzado sin fibras de acero.

Otra iniciativa de investigación de vanguardia en BESSC es un estudio del comportamiento de cortante de sistemas de losa aligerada (Fig. 6). Las normas actuales de diseño no incluyen disposiciones asociadas a la capacidad de cortante reducida de placas planas aligeradas. Mediante el uso de datos de pruebas de losas aligeradas unidireccionales, se propuso un factor λ_{void} de reducción de capacidad como una función de la relación de la altura del aligeramiento contra peralte de la losa. El factor propuesto se calibró para el modelo de cortante de ACI CODE-318-19, utilizando un factor de reducción de resistencia (ϕ) de 0.75. El factor permite la optimización de la sección seleccionando la altura del aligeramiento basado en la resistencia a cortante requerida.

La investigación actual profundiza en el punzonamiento de losas planas con capiteles peraltados de refuerzo, abordando los desafíos más importantes de las prácticas de construcción modernas (Fig. 4). Más aún, BESSC se encuentra a la cabeza en pruebas de materiales, en especial en el ámbito de los materiales compuestos con fibras naturales. Por ejemplo, un proyecto se centra en evaluar las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto con fibras de corteza de parra químicamente tratadas (Fig. 7), cuyo propósito es abrir nuevas posibilidades para prácticas de construcción sostenibles. La evaluación incluyó probar el efecto del contenido y longitud de la fibra en la densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión y resistencia a la flexión de testigos de concreto.

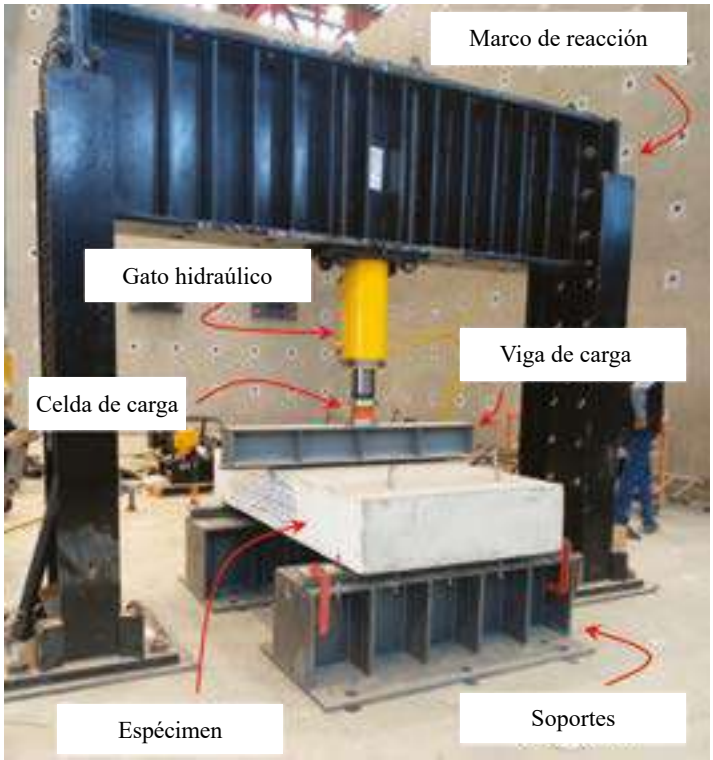


Fig. 6: Prueba de losas aligeradas

Fig. 7: Corteza de Parra

Se probaron testigos adicionales para evaluar esas mezclas y comprobar su resistencia a ciclos de congelamiento y descongelamiento.

Potenciales Colaboraciones Internacionales

Si bien los logros de BESSC están fundamentados en la experiencia y conocimientos locales, el centro reconoce el valor de la colaboración global para el avance de la ingeniería estructural. Por tanto, el centro busca activamente y apoya la creación de convenios de cooperación internacional con instituciones científicas y académicas, vislumbrando así un futuro de conocimiento compartido y crecimiento mutuo. Por medio de la colaboración internacional, BESSC aspira a ampliar sus horizontes, apalancando diversas perspectivas y recursos para abordar grandes proyectos. BESSC da la bienvenida a oportunidades de colaboración transfronteriza.

Conclusiones

El Centro de Sistemas Estructurales y Entorno Construido de la Universidad Hachemita es un símbolo del poder de la innovación, la colaboración y la búsqueda del conocimiento para avanzar en el campo de la ingeniería estructural. Con equipo de última generación, proyectos de investigación sin precedentes y un compromiso con la colaboración internacional, BESSC está preparado para moldear el futuro del escenario de la construcción en Jordania, en el Medio Oriente y en todo el mundo.

A medida que continuamos con nuestra trayectoria de descubrimiento e innovación, invitamos a colegas investigadores, instituciones y socios industriales para que se unan a nosotros en esa búsqueda. Juntos, podemos superar los límites de la ingeniería estructural, construyendo un mundo más seguro, más resiliente para las generaciones por venir.

Ahmad Tarawneh miembro de ACI, es Catedrático Adjunto de Ingeniería Estructural en la Universidad Hashemite, Zarqa, Jordania. Recibió su doctorado por la Universidad de Clemson, Clemson, Carolina del Sur, Estados Unidos. Es miembro de los Comités ACI 355, Anclaje a Concreto y 440, Refuerzo de Polímero Reforzado con Fibra. Sus intereses de investigación incluyen anclaje en el concreto, comportamiento estructural de miembros de concreto reforzados con polímero reforzado con fibra (FRP, por sus iniciales en inglés) y aplicaciones de machine learning en ingeniería estructural. Es ingeniero profesional autorizado.

Ahmad Mhanna es miembro de ACI, Director Regional de ACI de Medio Oriente y el Norte de África (MENA, por sus iniciales en inglés), Dubai, Emiratos Árabes Unidos. Es miembro del Comité de ACI SC-A, Promoción de Reconocimientos y Participación de Estudiantes.

Título original en inglés:
Advancing Structural Engineering at the Built Environment and Structural System Center of The Hashemite University

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

Traductora:
Lic. Ana Patricia García Medina

Revisor Técnico:
Dr. Estéban Astudillo de la Vega

Nivelación Versus Regla Manual

P. *¿Es la regla de enrase nivelada descrita en ASTM E 1155[1] y en ASTM E 1486[2] del mismo tipo que la regla de enrase utilizada en el método de regla de enrase manual?*

R. No, la regla de enrase nivelada descrita en ASTM E 1155 y en ASTM E 1486, bajo el título del aparato Tipo I, no es el mismo tipo que la regla de enrase utilizada en el método manual descrito en ACI 117-10-(15)[3].

En los métodos de prueba estándar de ASTM, el aparato Tipo I se utiliza para medir la diferencia relativa en elevación de la superficie del piso en intervalos regulares de 12 pulgadas, similar a lo que el aparato Tipo II (El Dipstick o D-Meter o Axiom), que mide a medida que avanza. El aparato Tipo I fue incluido para evitar la necesidad de adquirir un inclinómetro (Aparato Tipo II) para realizar los ensayos ASTM E 1155 o ASTM E 1486. Pero ensayar con un aparato Tipo I es más complejo y por lo tanto raramente se usa.

El método de la regla de enrase manual no requiere de una regla de enrase nivelada. Para esta prueba se usa una regla recta de 10 pies de longitud (no nivelada) que se coloca en algún sitio en el piso a evaluar, y se mide el espacio máximo entre el piso y la regla recta. No existe un método estándar ASTM para ejecutar esta prueba ni tampoco se define “que tan recta” tendrá que ser la regla recta que se utilice. Con suficiente tiempo, uno puede encontrar comunmente espacios inaceptables entre el piso y la regla de 10 pies, aún en pisos super-planos.

Los especialistas en recubrimientos de pisos e instaladores usan este método manual de la regla de enrase de 10 pies para enfocarse en juntas y otros elementos locales que sobresalen de la superficie y que pueden requerir ser rebajados o rellenados. Desafortunadamente a menudo esto se realiza mucho tiempo después que el contratista colocó el concreto e inclusive la losa se ha alabeado ya. Por lo anterior, es injusto solicitar al contratista que rebaje losas alabeadas que no son responsabilidad suya.

En ausencia de los métodos de prueba ASTM, la recomendación ACI 117-10 (15), incluye requisitos para este método manual de la regla, que se deben usar para determinar si el acabador del concreto ha cumplido con las tolerancias especificadas durante la construcción. Por ejemplo, como el contratista del concreto no tiene control sobre el alabeo, el ensaye deberá efectuarse dentro de las siguientes 72 horas después de la colocación, si se pretende determinar el cumplimiento de los acabadores de concreto con el espacio máximo debajo de la regla de 10 pies. (Sección 4.8.4.4)

Adicionalmente los requisitos mínimos de muestreo en ACI 117-10(15) son:

- Según la clasificación del tipo de piso, se proporcionan requerimientos del 90 y 100% de cumplimiento, lo que significa que el acabador del concreto no siempre necesita cumplir el espacio especificado bajo la regla de 10 pies. Además, este método no es suficientemente preciso para evaluar losas y pisos super-planos. (Tabla 4.8.6.1)
- En cuanto a que tan recta debe ser la regla usada, el espacio máximo entre una cuerda tensada entre los límites de la regla y la parte inferior de la propia regla no debe exceder 1/32 de pulgada. (Sección 4.8.6.2.1)
- El número mínimo de muestreos es 1% de la superficie del piso en pies cuadrados. Una muestra es una única ubicación de la regla. (Sección 4.8.6.2.2)
- La orientación de la regla debe ser paralela, perpendicular o a 45 grados respecto de la junta de construcción más larga que bordee la superficie a evaluar. (Sección 4.8.6.2.3)
- Se deberán tomar el mismo número de muestras en direcciones perpendiculares. (Sección 4.8.6.2.4)
- Las muestras deberán tomarse distribuidas uniformemente sobre la superficie a evaluar (Sección 4.8.6.2.5)
- Las ubicaciones centrales de las mediciones no deben estar más cerca de 5 pies. (Sección 4.8.6.2.6)
- Los resultados de la prueba deberán ser reportados de tal forma que permitan que todos los datos sean verificables y que las pruebas puedan replicarse. (Sección 4.8.6.2.7)

Junto con las ubicaciones y orientaciones de las reglas de ensaye, se recomienda ampliamente que se efectúe la prueba inicial dentro de las primeras 12 horas, de modo que las pruebas adicionales puedan ejecutarse para validar los resultados iniciales, en caso necesario, y poder aislar las áreas que se determinen fuera de especificación.

Se espera que estos requerimientos de ACI 117-10(15) clarifiquen la responsabilidad del contratista de concreto. Se podrán requerir especificaciones adicionales durante la colocación del concreto, pero el contratista de concreto no deberá ser responsable de remediar estas disparidades.

Referencias

1. ASTM E1155-23, "Standard Test Method for Determining FF Floor Flatness and FL Floor Levelness Numbers," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 8 pp.
2. ASTM E1486-14 (Reapproved 2022), "Standard Test Method for Determining Floor Tolerances Using Waviness, Wheel Path and Levelness Criteria (Metric)," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, 12 pp.
3. ACI Committee 117, "Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary (ACI 117R-10) (Reapproved 2015)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 76 pp.

Gracias a Scott Tarr, de North S. Tarr Concrete Consulting, PC, Dover, NH, EE.UU. por apoyarnos con la respuesta a esta pregunta.

Las preguntas de esta columna fueron formuladas por usuarios de los documentos del ACI y han sido respondidas por el personal del ACI o por un miembro o miembros de los comités técnicos del ACI. Las respuestas no representan la posición oficial de un comité del ACI. Los comentarios deben enviarse a keith.tosolt@concrete.org.

Título original en inglés:
Leveled versus Manual Straightedge

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Noreste de México

Traductor:
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

Revisor Técnico:
M.C. Francisco David Anguiano Pérez

XVI Convención Internacional ACI Perú – 2024

"Tendencias, Innovación y Normativas en el Concreto: Una mirada hacia el 2030"

En noviembre de este año se llevó a cabo el evento principal del Capítulo Peruano del American Concrete Institute - ACI Perú. Este contó con la participación activa de apasionados profesionales de la industria de la construcción a nivel nacional y estudiantes de los diferentes capítulos ACI. Además, tuvimos el honor de recibir el SUMMIT CODE ACI 318-25, evento que por primera vez se abrió al público, profesionales interesados en ampliar su conocimiento en el diseño de estructuras de concreto, evaluación y reparación de estructuras existentes, formaron parte de tan importante evento.

En el marco de nuestra décima sexta convención también se llevó a cabo el 2° Round Table de Capítulo Latinoamericanos, el primero se llevó a cabo en noviembre del 2017 en la ciudad del Cusco. El programa principal de nuestra Convención se desarrolló el jueves 21 y el viernes 22 de noviembre en el Hotel Hilton de Miraflores, Lima, Perú. Durante las mañanas del evento se realizó el 3° Summit sobre el Código ACI 318-25. Esta consistió en la primera reunión en Latinoamérica sobre normas de concreto estructural organizado por el ACI. Se presentó la experiencia chilena, colombiana, boliviana y peruana, principalmente, en la adopción del código. Asimismo, se reflexionó sobre el conjunto de códigos ACI como fenómeno en general, aproximaciones a próximas modificaciones de la norma y los procesos de apoyo desde el ACI Internacional en la aplicación del código en cada contexto latinoamericano, para este evento se contó con el presidente del comité ACI 318 Andrew W. Taylor. (Andrew W. Taylor https://www.concrete.org/news/newsdetail.aspx?f=51734187)

Durante la tarde se desarrolló el programa del seminario, con diferentes conferencias elaboradas por profesionales nacionales e internacionales. Por un lado, se reflexiona directamente sobre el uso del concreto en el Perú y el mundo, estrategias para el reforzamiento del mismo y la sostenibilidad alrededor del uso del concreto en las construcciones. Asimismo, se presentaron análisis sobre la norma misma, como sus evoluciones, desafíos e impactos, sumado al estudio de otras normas, como por ejemplo la Norma Peruana E.060 – Concreto Armado.

Los participantes de la Convención se llevaron consigo un morral con materiales de escritorio y un ejemplar de la norma ACI 318-19, el cual podrán leer, estudiar y aplicar en sus proyectos profesionales.

Además de las actividades centrales, un día previo al inicio del evento, el miércoles 20 de noviembre, se realizó el RoundTable de representantes de países latinoamericanos, bajo la organización del ACI Internacional presidido por Michael Paul (https://www.concrete.org/news/newsdetail.aspx?f=51740747). Con más de 20 asistentes, cada uno puso sobre la mesa las actividades que han estado realizando como Capítulos, y los retos y oportunidades de mejora en los diferentes aspectos que desarrollan en sus países.

El Ingeniero Julio Higashi es el actual presidente del Capítulo Peruano del American Concrete Institute.

La Convención fue dirigida a ingenieros profesionales o que aún son estudiantes, que comparten la pasión y dedicación por el mundo del concreto.

La Convención fue dirigida a ingenieros profesionales o que aún son estudiantes, que comparten la pasión y dedicación por el mundo del concreto.

Asimismo, se organizaron dos veladas con los directivos, colaboradores e invitados especiales del ACI Perú. La primera fue la Noche del Pisco donde se compartió un momento de confraternización destacando una de las bebidas bandera del Perú. Y la última noche se desarrolló la cena central, donde se realizó un homenaje especial a los ingenieros Adolfo Gálvez, Carlos Casabonne, Enrique Pasquel y Julio Rivera Feijóo, por aportes al Capítulo ACI Perú y sus brillantes trayectorias profesionales. Asimismo, se reconoció el apoyo de los socios auspiciadores del evento y patrocinadores anuales del ACI Perú.

Este evento fue posible gracias a la gestión actual de la junta directiva del Capítulo Peruano del American Concrete Institute, presidida por el Ingeniero Civil Julio Higashi Luy (https://www.concrete.org/chapters/findachapter/chapterhome.aspx?cid=C0C09500). Asimismo, el evento no hubiese sido posible sin el apoyo de los socios auspiciadores: Hilti Perú, Química Suiza Industrial (QSI), Beton Decken, Cementos Pacasmayo, EMIN Geoestructuras, CCL Perú, SMS Concreto Premezclado y Control Mix. Los socios patrocinadores del 2024 del ACI Perú también son un apoyo constante para llevar a cabo este tipo encuentros. Gracias a las empresas Sika Concrete, Fibras Cortadas y Monofilamentos (FCM), Hilti, Beton Decken, CCL, UNICON, JLZ, Aditivos Especiales, Cementos Inka, Penetron, Higashi Ingenieros, TopConsult, Soquimic y EMIN Geoestructuras.

Capítulos de ACI organizan la primera Carrera Concreton 5K

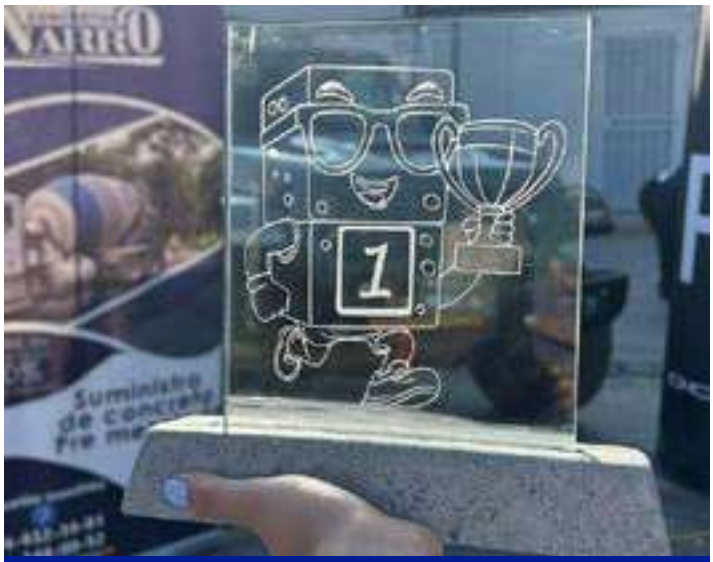
Corredores preparándose para el CONCRETON 5K

El 25 de agosto de 2024, en la Ciudad de Saltillo, Coahuila, México, tuvo lugar un evento deportivo sin precedente: la primera edición del CONCRETON 5K. Este evento que combina la pasión por el deporte y la promoción de la industria de la construcción fue organizado por el Capítulo Estudiantil de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Americana del Noreste (Arq. UANE) en colaboración con el Capítulo ACI del Noreste de México.

CONCRETON es una combinación de las palabras “concreto” y “marathon”. El evento tubo como fin recaudar fondos para que los estudiantes puedan cubrir sus gastos de viaje para participar en el concurso de (FRC) Bola de boliche de concreto reforzado con fibras en septiembre 19 de 2024, durante el ENLACE-ACI en Guadalajara, México.

Cuatro equipos de 3 estudiantes cada uno buscan participar en las competencias y se preparan para ello. De forma adicional, los fondos recaudados ayudarán a pagar por algunos equipos adicionales para el laboratorio de concreto de la universidad.

Con la participación entusiasta de más de 150 corredores, el CONCRETON 5K, se estableció como una competencia memorable, atrayendo tanto a atletas como a profesionales del sector de la construcción. La carrera no solo fue un reto físico para los participantes, sino también una oportunidad de establecer y estrechar lazos entre la comunidad estudiantil, la industria y la sociedad en general. El evento fue posible por el generoso patrocinio de Concretos NARRO y Coahuila Motors, dos empresas líderes en la región comprometidas con el desarrollo sustentable y la promoción de actividades que lleven a un estilo de vida más sano. Los alumnos miembros del Capítulo estudiantil de Arquitectura de la UANE agradecen también el gran apoyo y liderazgo de las autoridades de la propia universidad, así como a la Ing. Elissa Narro Aguirre, tutor del Capítulo y a la directora de la Universidad Ana Laura Cepeda.



Premio del CONCRETON 5K

Estudiantes miembros del Capítulo ACI UANE durante el evento CONCRETON 5K

ENLACE – ACI 2024

El ENLACE-ACI 2024 ofreció un reconocimiento al Dr. Ramón L. Carrasquillo, miembro honorario de ACI

El Encuentro Latinoamericano de Capítulos Estudiantiles del ACI (ENLACE-ACI) es un foro en México que reúne estudiantes inscritos en carreras afines a la industria de la construcción con concreto y que tienen en sus escuelas un Capítulo Estudiantil del ACI activo. Esta es una reunión anual en la que participan los alumnos para conocer lo más avanzado en conocimiento de la tecnología del concreto, así como para mostrarles productos, actividades y beneficios que el ACI les ofrece de manera gratuita como un complemento valioso a su formación escolar.

Por primera vez este evento incluyó estudiantes de América Latina y se dedicó a la memoria de la vida y carrera del Dr. Ramón L. Carrasquillo, quién fuera miembro honorario de ACI. Con el patrocinio de Holcim México, para el concurso correspondiente, y otros patrocinadores locales, este encuentro tuvo lugar en Guadalajara, Jalisco, México de septiembre 18 al 20 de 2024, con la coordinación general del Capítulo Centro y Sur de México, así como la Universidad Panamericana de Guadalajara.

Las actividades tuvieron una asistencia de más de 200 estudiantes que asistieron desde diversos lugares de México y que representaban a más de 27 universidades, así como un estudiante de Puerto Rico. Se logró un récord de equipos para la competencia de Bola de Boliche con 47 equipos inscritos.

El evento incluyó también conferencias de nivel internacional y un panel de discusión entre los asistentes y 4 ingenieras sobre las experiencias y oportunidades de las mujeres jóvenes profesionistas, así como tres talleres de trabajo sobre fundamentos del concreto, evaluación del concreto, y ensayes no destructivos para la evaluación del concreto.

Algunos de los conferencistas fueron José Miguel Izquierdo-Encarnación, Expresidente del ACI y miembro honorario del Instituto, Cesar Constantino, Fellow del ACI, ex miembro del Consejo Directivo y Expresidente también de ASTM internacional; el Dr. Roberto Stark también miembro honorario del ACI; Oscar Antommattei, miembro del Consejo Directivo; y Andrés Matos, presidente del Capítulo del ACI de Illinois en Estados Unidos.

Los cuatro Capítulos de México colaboraron para organizar este evento, y cada año, uno de los Capítulos estudiantiles, que operan bajo la supervisión de uno de los Capítulos mayores de ACI, tiene la responsabilidad de organizar el ENLACE dentro de su área de influencia, con el apoyo y guía del Capítulo ACI correspondiente. En México hay más de 36 Capítulos Estudiantiles que son supervisados y guiados por su correspondiente Capítulo mayor.

Un excelente trabajo en equipo hizo que el evento fuera exitoso. El liderazgo de la organización lo tuvo el Ing. José Alfredo Rodríguez, presidente del Capítulo Centro y Sur de México, con apoyo de Pamela González, Coordinadora del ACI Centro y Sur de México y Elena Álvarez Acosta, profesor de la Universidad Panamericana de Guadalajara.

La próxima edición del ENLACE-ACI tendrá lugar en 2025 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México.

¡Feliz Navidad y Prospero Año 2025 para todos!

Diciembre es el mes que nos invita a reflexionar en los logros del año que termina y los propósitos del que comenzará pronto.

Vemos con mucho entusiasmo y alegría este final del año porque hemos logrado 51 números ininterrumpidos de la publicación de nuestra revista, la traducción de 266 artículos técnicos del inglés al español y la publicación de 15 artículos con contenido propio de nuestra área de influencia.

El esfuerzo comienza a dar fruto. En el año que termina, nuestra revista ha sido consultada casi 23,000 veces en la plataforma Heyzine, muestra del impacto que estamos alcanzando.

El año venidero nos presenta el gran reto de continuar con el proyecto e incluir cada vez más contenido original de nuestra comunidad de Latinoamérica, para seguir siendo referencia dentro del ACI Internacional por el trabajo en equipo de nuestros Capítulos.

Gracias a todos los Capítulos Latinoamericanos del ACI por su compromiso y enorme esfuerzo apoyando este proyecto mes a mes. Gracias a los miembros del Comité Editorial y colegas que nos dan apoyo para materializar cada número de la revista. Gracias a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) por su apoyo a través de la Facultad de Ingeniería Civil y su área de comunicación. Gracias a nuestros lectores y a quienes nos apoyan en la difusión del conocimiento plasmado en nuestras publicaciones.

En el Comité Editorial hacemos votos para que todos y cada uno de ustedes pasen unas muy felices fiestas de fin de año y que el año 2025 nos llene de salud, bienestar y felicidad para todos nuestros seres queridos.

Comité Editorial Concreto Latinoamérica

CONCRETO
LATINOAMÉRICA