

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

VOLUMEN V | NÚMERO 5 | MAYO 2024

Premios de Cemento de Escoria en Concreto Sostenible 2023

Once proyectos galardonados por
el uso excepcional de cemento de
escoria en la construcción de concreto



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. Jorge Maurilio Rivera Torres

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



La Asociación Americana de Cementos con Escoria (SCA) anunció los ganadores de su reconocimiento 2023 de obras realizadas con cementos con escoria y concretos sustentables. 11 proyectos resultaron galardonados. En la categoría de Concretos de Alto Desempeño la obra ganadora fue el edificio 333 North Water en Milwaukee, WI, EE. UU. Proyecto en que se utilizó cemento con escoria en todos los concretos. Mezclas de 6,000 PSI (41 MPa) de concreto con aire incluido para las losas postensadas de la estructura de estacionamientos. Se eligieron cementos con escoria por sus características de durabilidad, baja huella de carbono, demanda consistente de agua y resistencia uniforme. Se alcanzaron resistencias promedio de 7,200 PSI (50 MPa) a 28 días. Concretos en columnas requirieron hasta 10,000 PSI (69 MPa) de resistencia. Más información, consulte la página 23 en este número de Concreto Latinoamérica.

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 Mayo 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. Jorge Maurilio Rivera Torres
Presidente de la Sección Noreste de México del ACI.(2022-2024)

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 Armendariz 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:


Dr. Lucio Guillermo López Yépez
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll
Dr. Francisco René Vázquez Leal



¡Únete hoy!

Conoce tu capítulo local ACI
300+ Capítulos profesionales y estudiantiles
www.concrete.org



CONTENIDO

1 | **Los Nanoaditivos Pueden Mejorar la Durabilidad del Concreto**

Por Aram Kalousdian

4 | **Premios de Cemento de Escoria en Concreto Sostenible 2023**

Once proyectos galardonados por el uso excepcional de cemento de escoria en la construcción con concreto

2 | **¿Puede la inteligencia artificial mejorar la evaluación no destructiva de la resistencia a la compresión del concreto?**

Por Seyed Alireza Alavi, Martin Noël, Hamed Layssi y Farid Moradi

5 | **Preguntas y Respuestas. Seleccionando un sistema de protección**

3 | **Guía para la rehabilitación de diafragmas de concreto con FRP**

Un proyecto de investigación financiado por la Fundación ACI ha llenado brechas de conocimiento en prácticas de diseño

Por Victoria K. Sicaras, en nombre de la Fundación ACI

6 | **¿Quiénes somos y qué hacemos? Miembros destacados de los Capítulos del ACI en Latinoamérica reciben reconocimientos. Líderes latinoamericanos estarán en Comités Técnicos del ACI en 2024.**

Por Comité Editorial Concreto Latinoamérica

CONVOCATORIA

CONCRETO LATINOAMÉRICA

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

¡Es muy 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

Los Nanoaditivos Pueden Mejorar la Durabilidad del Concreto

Por Aram Kalousdian

Un estudio realizado por el Programa Conjunto de Investigación del Transporte en West Lafayette, IN, EE.UU., ha concluido que el nano-dióxido de titanio (nano-TiO₂) y dos formas de nanosílice coloidal pueden acelerar el proceso de hidratación a edades tempranas de las pastas cementantes, particularmente de aquellas que contienen cenizas volantes y se curan a bajas temperaturas¹. El estudio fue financiado por el Departamento de Transporte de Indiana (INDOT, por sus siglas en inglés). Éste incluyó la fabricación, el curado y el acondicionamiento de las muestras en el laboratorio, seguido de análisis de microestructura, pruebas de resistencia mecánica y pruebas de durabilidad. La resistencia a la compresión y a la flexión de las mezclas de mortero y concreto también fue mejorada mediante la adición de nanopartículas. La incorporación de nanopartículas redujo la cantidad total y la conectividad de los poros presentes en las mezclas de concreto. Esto dio como resultado una disminución de la permeabilidad al agua del concreto, independientemente de los sistemas cementantes y las temperaturas de curado utilizadas. La resistencia de las mezclas de concreto a los ciclos de hielo y deshielo y a las delaminaciones también se mejoró mediante la adición de nanopartículas, especialmente en las mezclas que contienen cenizas volantes. Sin embargo, el estudio también encontró que un exceso de nanopartículas puede reducir la resistencia a la delaminación del concreto.

Se determinó que las resistencias a la compresión de 7 y 28 días de las mezclas de concreto mejoraron mediante la adición de nano-TiO₂, para todos los tipos de concreto estudiados (con y sin materiales cementantes suplementarios [SCM, por sus siglas en inglés]) y a varias temperaturas de curado. El efecto es más significativo en concretos que contienen cemento de escoria con una mayor relación agua-cemento (*a/c*). Los resultados de una prueba fundamental

de frecuencia de resonancia sugieren que el nano-TiO₂ podría reducir la porosidad de los compuestos cementantes, especialmente cuando se utilizan SCM.

“El estudio de las propiedades de durabilidad de los concretos implica la evaluación de los sistemas de poros, la permeabilidad y la estimación de la resistencia a las heladas de los concretos modificados por nano-TiO₂. Se encontró que la adición de nano-TiO₂ en concretos tiende a reducir el revenimiento y aumentar el peso unitario de los concretos frescos. La resistividad y el factor de formación del concreto con cenizas volantes mejoraron con nano-TiO₂”, dice el informe.

“Además, el volumen total de poros y la absorción de agua de todos los tipos de concretos se redujeron con nano-TiO₂, que además parece ser más beneficioso para mejorar la resistencia a las heladas de los concretos con cenizas volantes, en comparación con concretos de cemento portland ordinario (CPO) y concretos con escoria. Parece que la adición de nano-TiO₂ para mejorar la resistencia a la delaminación del concreto es más eficaz cuando los concretos se curan previamente a baja temperatura.”

La adición de nanosílice produjo una mejora en las resistencias a la compresión y a la flexión del concreto a los 28 días, especialmente cuando se cura a baja temperatura. Al agregar nanosílice al concreto, se puede reducir la porosidad.

“La resistencia general a la delaminación de concretos fabricados para este estudio fue buena, mientras que la adición de nanosílice aún puede reducir el deterioro de la superficie de concretos expuestos a ciclos de hielo-deshielo y agentes anticongelantes”, concluye el informe.

“El análisis microestructural sugiere que la adición de nanoaditivos reduce las grietas y la porosidad cerca de la zona de transición interfacial (ITZ, por sus siglas en inglés), lo que puede contribuir a una mayor resistencia del concreto en masa. Se requerirán más pruebas para evaluar el efecto en el sistema de vacío de aire”.

El informe concluyó que, en general, la aplicación de nanoaditivos es beneficiosa, pero el grado de beneficio depende del sistema cementante.

“Basados en los resultados de este proyecto, parece que la adición de nano-TiO₂ es más efectiva en el concreto que contiene cenizas volantes”, dice el informe. La mejora de la resistencia a la delaminación y al efecto hielo-deshielo del concreto con cenizas volantes con nano-TiO₂ puede estar relacionada con la densificación de la microestructura (por ejemplo, la resistencia de la matriz de la pasta y un ITZ menos agrietado y

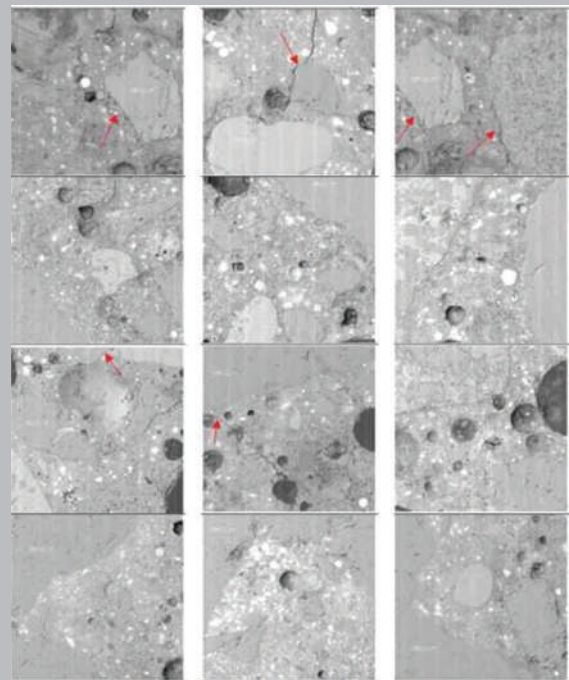
poroso), un sistema de poros menos conectados, una porosidad reducida y un sistema de vacíos de aire más fino y mejor distribuido. El informe señala que los resultados mostraron que un exceso de nanoaditivos podría afectar negativamente al sistema de vacíos de aire y producir efectos negativos en la resistencia a la delaminación. La cantidad óptima de nanoaditivos depende de la proporción de la mezcla del pavimento de concreto.

“La adición de nanosílice ha demostrado un gran potencial en términos de beneficios para el comportamiento de los pavimentos de concreto. Sin embargo, se requerirá más investigación para determinar el efecto en el sistema de vacíos de aire. Los resultados tanto de los efectos de adición de nano-TiO₂ y adición de nanosílice en la durabilidad de los pavimentos de concreto se realizaron en condiciones de laboratorio. Se requerirá más investigación para determinar el efecto del uso de nanoaditivos en la resistencia a la delaminación del pavimento de concreto y la resistencia al hielo y al deshielo cuando se usa en el campo”, dice el informe.

“La adición de nanoaditivos (incluidos el nano-TiO₂ y la nanosílice) tiene el potencial de mejorar la resistencia a la delaminación del pavimento de concreto. Los mecanismos de estas mejoras involucran la hidratación acelerada de las pastas de cemento, un sistema de poros reducido y modificado (de ahí la microestructura más densa), propiedades mecánicas mejoradas y menor permeabilidad al agua de los concretos a partir de resultados experimentales”.

“Sin embargo, altos porcentajes de nanopartículas mostraron un efecto perjudicial en términos de resistencia a la delaminación. La relación agua/cemento y la presencia de diferentes materiales cementantes suplementarios afectan el efecto final de los nanoaditivos sobre la resistencia a la delaminación del concreto. Por lo tanto, con el fin de determinar la cantidad óptima de nanoaditivos para una mezcla determinada, se deben realizar más investigaciones”.

La ITZ es la región limítrofe entre los agregados y la pasta de cemento. La primera fila muestra extensas grietas en la ZIT de cenizas volantes curadas a temperatura ambiente. Como se resalta con las flechas rojas, esas grietas se originan en la ZIT o se propagan a través de la misma, ambos escenarios sugieren una ZIT posiblemente débil para un espécimen de este tipo. Tales patrones de grietas no se observaron en una muestra con adición de nano-TiO₂, como se muestra en la segunda fila. En este caso, la ZIT parece ser más densa, con menos grietas y defectos. Del mismo modo, al comparar las imágenes de la tercera y cuarta fila (obtenidas a partir de muestras curadas a baja temperatura), se encontraron más grietas en la muestra de referencia en comparación con la muestra con nano-TiO₂. Parece que la adición de nano-TiO₂ mejora el empaquetamiento de las partículas y, por lo tanto, mejora la calidad de la ITZ.



Imágenes de microscopio electrónico de barrido basadas en la observación de la zona de transición interfacial (ITZ) para muestras de concreto de cenizas volantes (de la Referencia 1).

Referencia

1. Huang, D.; Velay-Lizancos, M.; y Olek, J., “Mejora de la resistencia a la incrustación del concreto de pavimento mediante dióxido de titanio (TiO₂) y nano-sílice”, Publicación del Programa Conjunto de Investigación de Transporte No. FHWA/IN/JTRP-2022/32, Universidad de Purdue, West Lafayette, IN, 2022, 57 págs.

Aram Kalousdian tiene varios años de experiencia en el periodismo de la construcción. Fue editor y propietario de la revista Michigan Builder and Infrastructure y editor de la revista Michigan Contractor & Builder.



Título original en inglés:
**Nanoadditives Can Improve
Concrete Durability**

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
de República Dominicana**



Traductor:
Ing. Piero Caputo



Revisora Técnica:
**Ing. Damaríel
Cáceres**

¿Puede la inteligencia artificial mejorar la evaluación no destructiva de la resistencia a la compresión del concreto?

Por Seyed Alireza Alavi, Martin Noël, Hamed Layssi y Farid Moradi

La resistencia a la compresión del concreto es comúnmente tomada como un indicador representativo de muchas propiedades del concreto endurecido. Para estructuras existentes, el conocimiento de las propiedades del concreto colado en sitio es vital para la evaluación y rehabilitación del proyecto. Sin embargo, existen retos asociados con los métodos convencionales para la evaluación de la resistencia de éste una vez que la estructura ha sido construida¹⁻⁴. La extracción de núcleos de concreto no siempre es una opción viable para todas las estructuras de concreto (por ejemplo, tanques de concreto, alcantarillado troncal, y líneas de túneles), y la obtención de muestras representativas en estructuras grandes es difícil de obtener.

Los métodos de prueba no destructivos en sitio (NDT) pueden ser correlacionados con la resistencia a la compresión del concreto para reducir el número de núcleos requeridos⁵. El método SonReb⁶ estima la resistencia a la compresión del concreto basado en mediciones combinadas de velocidad de pulso ultrasónico (UPV) y número de rebote (RN). Como en todos los métodos de prueba no destructivos, se requieren curvas de calibración específicas para cada proyecto debido a la naturaleza heterogénea del concreto y diversidad de proporciones en las mezclas⁷⁻⁹; por eso, actualmente no es posible estimar con precisión la resistencia a compresión del concreto de estructuras existentes sin la extracción de núcleos.

La Inteligencia Artificial (AI) es una herramienta utilizada para interpretar información compleja e incrementar la productividad. La adopción de la inteligencia artificial en aplicaciones dentro de la ingeniería civil ha sido relativamente lenta, pero está comenzando a atraer, cada vez más, la atención a través de la demostración en casos de uso práctico. Este artículo explora la medida en que la inteligencia artificial puede integrarse con el método SonReb para la evaluación no destructiva de la resistencia a compresión del concreto en estructuras de concreto reforzado.

Métodos de prueba no destructivos en sitio

El ACI 228.2R-13⁵ proporciona una visión integral de los métodos no destructivos en sitio para la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto, incluida la prueba del martillo de rebote (ASTM C805/C805M-08¹⁰) y mediciones de velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C597-16¹¹). La prueba de martillo de rebote es un medio fácil y económico para evaluar la uniformidad del concreto (principalmente cerca de la superficie), mientras las mediciones de velocidad de pulso ultrasónico (UPV) generalmente son utilizadas para evaluar la calidad interna y la integridad de los materiales del concreto por mediciones de la velocidad de transmisión de ondas de esfuerzo compresivo que atraviesan el elemento^{12,13}. Formulaciones teóricas respaldan la existencia de una relación directa entre el módulo de Young y la velocidad de transmisión de ondas, mientras que desde hace mucho tiempo se han establecido relaciones empíricas que vinculan el módulo de Young con la resistencia a la compresión¹⁴⁻¹⁶. Debido a los desafíos en la predicción de la resistencia del concreto a través de Pruebas No Destructivas, que resultan de las variaciones inherentes a las propiedades de los materiales del concreto, a los métodos de NDT, a las relaciones físicas/científicas y la relevancia entre algunos métodos de NDT y la resistencia del concreto, el comité ACI 228 de Pruebas no Destructivas en el Concreto, recomienda el desarrollo de curvas de calibración específicas sitio/material, y un enfoque estadístico para analizar la información recabada. Para estructuras existentes el ACI 228.1R-19¹⁷, recomienda seleccionar entre seis y nueve ubicaciones diferentes para la extracción de núcleos, y se deben obtener un mínimo de dos núcleos por punto para establecer la resistencia a la compresión en el plano (es decir, para establecer una relación de resistencia se requiere un mínimo de 12 núcleos).

La norma EN13791:2019¹⁸ describe un procedimiento que permite el uso de las mediciones del número de rebote sin la extracción de núcleos bajo ciertas condiciones, aunque este enfoque proporciona estimaciones conservadoras en la resistencia del concreto, en lugar de predicciones precisas.

Los métodos de prueba no destructivos se pueden combinar para mejorar su confiabilidad y reducir la sensibilidad a factores como el contenido de humedad, tamaño de agregado, tipo de cemento y grado de refuerzo^{14,19,20}. El método SonReb se ha propuesto como un método simple que presenta una mejora notable con respecto a los métodos de entrada única. Algunos autores han sugerido que los métodos de prueba por velocidad de pulso ultrasónico y número de rebote se ven claramente afectados por potenciales factores de influencia^{6,15,21}, aunque, hasta qué punto esto puede ser así aún está en debate.

Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial sobresale en predecir resultados basados en relaciones implícitas identificadas a través de diferentes algoritmos utilizados para interpretar grandes cantidades de datos. Machine Learning (ML) o Aprendizaje Automático (AA) en español, es un subconjunto de la inteligencia artificial que se centra en algoritmos que permiten a las computadoras aprender y tomar decisiones sin ser programadas²²⁻²⁴. La Figura 1 presenta un diagrama de flujo para un modelo típico de supervisión Machine Learning. Dos conjuntos de datos son utilizados en el procedimiento de modelado: el conjunto de datos de entrenamiento y el conjunto de datos de prueba. Aplicando el algoritmo de aprendizaje al conjunto de datos de entrenamiento, la computadora “aprende” relaciones potenciales entre los datos de entrada y salida. Luego, el conjunto de datos de prueba es utilizado para evaluar el rendimiento del modelo, y el procedimiento se repite hasta que el modelo de aprendizaje automático satisface los criterios de evaluación.

Recientemente la inteligencia artificial se ha propuesto como una herramienta para estimar la resistencia a la compresión del concreto basado en el método SonReb²⁵⁻³³. A pesar de que los resultados de estudios previos son prometedores, aún no existe un modelo práctico para su uso en la industria²⁰.

En un artículo por separado, se describe y se compara el desarrollo de un modelo de aprendizaje automático basado en el método SonReb con los enfoques existentes²². Para enfatizar la simplicidad y compatibilidad con las prácticas actuales y considerando la falta de información sobre mezclas de concreto disponible para muchas estructuras existentes, el modelo de aprendizaje automático fue desarrollado únicamente con dos entradas: 1) velocidad de pulso para la prueba directa de velocidad de pulso ultrasónico, y 2) número de rebote para prueba de martillo de rebote horizontal, tal como se muestra en la Figura 2. Para el desarrollo del modelo de aprendizaje automático, una base de datos fue creada utilizando resultados de la literatura publicada, así como de un programa de pruebas con cilindros y cubos de concreto entre 7 y 365 días de edad, representando un amplio rango de diseños de mezcla y resistencia a la compresión. (Los detalles adicionales sobre las bases de datos de aprendizaje y pruebas se presentan en otra parte²².)

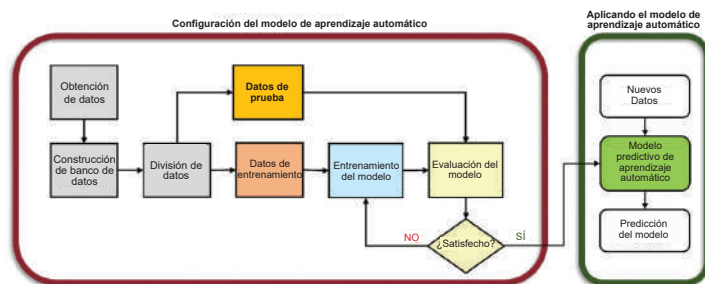


Figura 1: Diagrama de flujo para un modelo de aprendizaje automático (AA) supervisado.

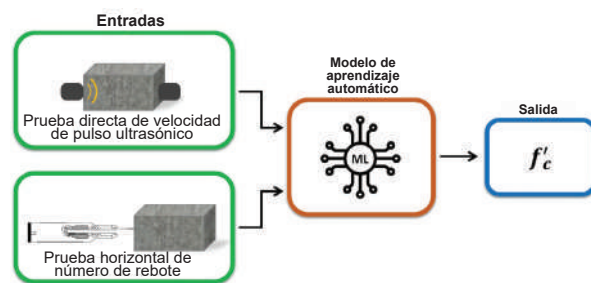


Figura 2: Parámetros del modelo de aprendizaje automático (AA).

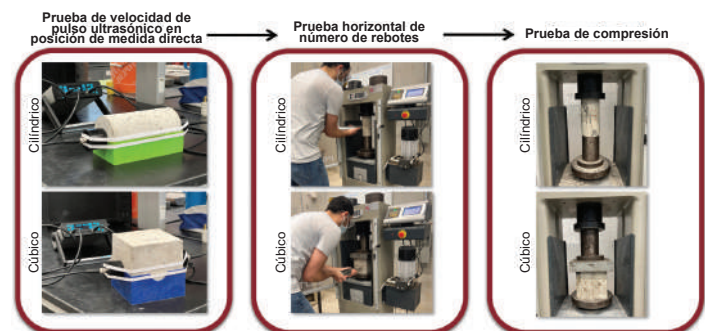


Figura 3: Procedimiento experimental de prueba

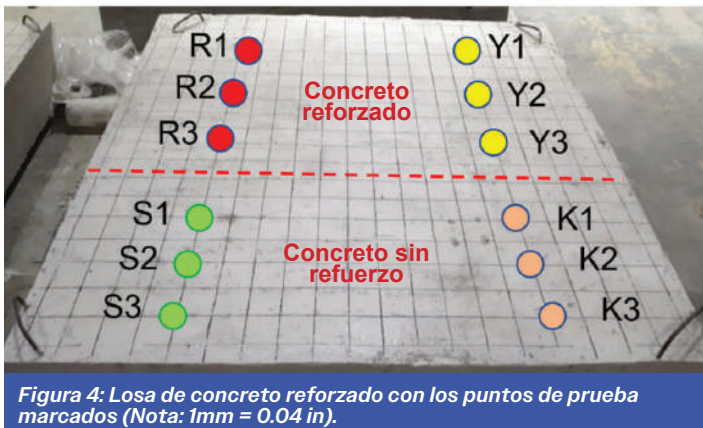


Figura 4: Losa de concreto reforzado con los puntos de prueba marcados (Nota: 1mm = 0.04 in).

El procedimiento de prueba para cada espécimen probado en el laboratorio incluye una prueba de velocidad de pulso ultrasónico en posición de medida directa, seguido por una prueba de martillo de rebote horizontal, y finalmente, la prueba de resistencia a compresión de ambos especímenes, como se muestra en la Figura 3.

El modelo fue desarrollado utilizando el algoritmo del sistema adaptativo de interferencia neurodifusa (ANFIS) en MatLab. Para garantizar un rendimiento sólido del modelo y evitar obtener resultados sesgados, el conjunto de datos de entrenamiento (462 puntos de datos) y el conjunto de datos de prueba (20 puntos de datos) fueron obtenidos de fuentes distintas. El rendimiento del modelo fue comparado con un análisis de regresión lineal y no lineal, así como con ecuaciones existentes en la literatura, y se encontró que proporciona las predicciones más confiables de la resistencia del concreto entre los modelos considerados, con un error absoluto medio inferior al 10%²². Después de desarrollar el modelo de aprendizaje automático, se produjo una aplicación de interfaz gráfica de usuario (GUI), la cual fue utilizada en tres casos de estudio presentados en la siguiente sección. Cada caso de estudio proporcionó datos únicos que no habían sido vistos por el modelo en la fase de entrenamiento. Este enfoque se utilizó para evaluar exhaustivamente el rendimiento del modelo de aprendizaje automático en el mundo real.

Casos de estudio

La exactitud del modelo para aplicaciones en el mundo real se evaluó utilizando tres casos de estudio. En cada caso se siguió una metodología esquemática, incluyendo: 1) ejecución de pruebas de campo no destructivas (velocidad de pulso ultrasónico y número de rebotes); 2) extracción muestras de núcleos de concreto de las mismas áreas seleccionadas para la prueba de resistencia

a la compresión; 3) estimación de la resistencia a la compresión utilizando el modelo de aprendizaje automático y los métodos matemáticos tradicionales, comúnmente conocidos como ecuación de Breyse y ecuación de Gasparik; y 4) comparación de los resultados obtenidos en cada método.

Caso de estudio 1. Losa de concreto reforzado

Una losa de concreto parcialmente reforzada fue fabricada en el laboratorio para un proyecto de investigación independiente³² con dimensiones de 2 x 2 metros (6.5 x 6.5 ft) y 300 mm (12 Plg) de espesor. El concreto para la losa fue suministrado por una empresa local de concreto premezclado. Doce puntos de prueba (mostrados en la Figura 4) fueron seleccionados para este caso de estudio.

La figura 5 presenta los resultados de la prueba. La mejor predicción se obtuvo con el modelo de aprendizaje automático, con un porcentaje de error absoluto promedio (MAPE) de 9.69%, y un coeficiente de variación (COV) de 6.1%. Las ecuaciones de Breyse y Gasparik generaron errores promedios de 28.96% (COV 8.4%) y 36.35% (COV 6.2%), respectivamente, y ambos sobreestimaron consistentemente la resistencia a la compresión de los núcleos de concreto.

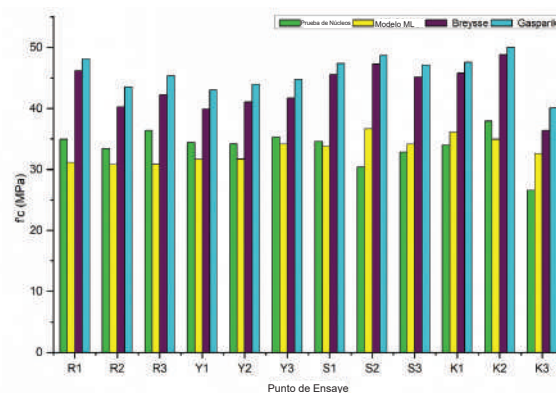


Figura 5: Predicciones de resistencia para el Caso de estudio 1. (Nota: 1MPa = 145 psi)

Caso de estudio 2. Construcción existente de concreto

Un edificio de dos pisos en el campus de una universidad en Canadá requiere evaluar la resistencia a la compresión del concreto como parte de un programa de rehabilitación. Los resultados de la predicción se presentan en la Figura 6. El MAPE del modelo de aprendizaje automático fue de 12.85% (coeficiente de variación igual a 11.4%), mientras

que los errores obtenidos con las ecuaciones de Breyse y Gasparik fueron de 19.79% (COV de 18.9%) y 33.73% (COV de 16.4%) respectivamente. El MAPE para el modelo de aprendizaje automático se reduce a 10.2% si son excluidas dos mediciones en columnas (columna G4Z y columna G4). Los resultados sugieren que el modelo funcionó mejor para losas planas y secciones de muro que para columnas, aunque la razón de esta diferencia aún se encuentra bajo investigación.

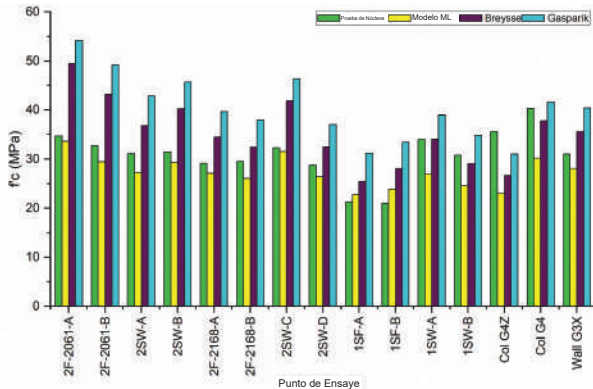


Figura 6: Predicciones de resistencia para el caso de estudio 2. (Nota: 1MPa = 145 psi)

Caso de estudio 3. Cimentación elevada

Un error de construcción en la cimentación elevada de un silo de almacenamiento en una instalación minera dio como resultado una consolidación deficiente del concreto y una formación de paneles moderados a severos alrededor de la capa inferior del acero de refuerzo, y la zona dio un rendimiento similar (con errores promedio de 33.33% y 32.9%, con coeficientes de variación de 11% a 20%, respectivamente).

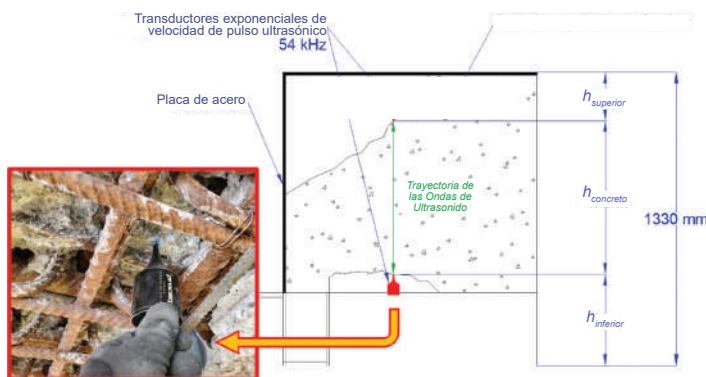


Figura 7: Pruebas de velocidad de pulso ultrasónico para el caso de estudio 3. (Nota: 1 mm = 0.04 in.)

Discusión

El concreto es un material heterogéneo y diverso. Los valores de resistencia a la compresión obtenidos ensayando cilindros de una misma mezcla de concreto fácilmente pueden variar en un 10% o más^{33,34}. En este contexto, obtener un porcentaje de exactitud del 100% para cualquier modelo no es realista; garantizar la coherencia y confiabilidad de las predicciones, así como identificar posibles limitaciones del modelo, es un objetivo más importante y alcanzable. Este estudio presenta evidencia de que la inteligencia artificial es una herramienta que puede contribuir a este esfuerzo. Y de la misma manera que todas las herramientas son utilizadas, se requiere criterios de ingeniería para interpretar los resultados.

El modelo de inteligencia artificial presentado en este artículo conserva la simplicidad del método SonReb manteniendo solo dos parámetros de entrada (velocidad de pulso ultrasónico y número de rebote)²². Los resultados de este enfoque incluyen mayor disponibilidad de información para el entrenamiento del modelo, así como una amplia aplicabilidad debido a que no se requiere información sobre el diseño de la mezcla del concreto, condiciones de curado, o edad del concreto. Como se demuestra en los casos de estudio presentados, se obtuvieron predicciones razonablemente buenas para concreto sano y superficies planas con cantidades de refuerzo bajas y moderadas. Se obtuvieron excepciones notables para las columnas del caso 2 (posiblemente debidas al alto grado de refuerzo o efectos geométricos) y para concreto dañado o defectuoso en el caso de estudio 3. En ambos casos, el modelo subestima la resistencia actual del concreto en un promedio de

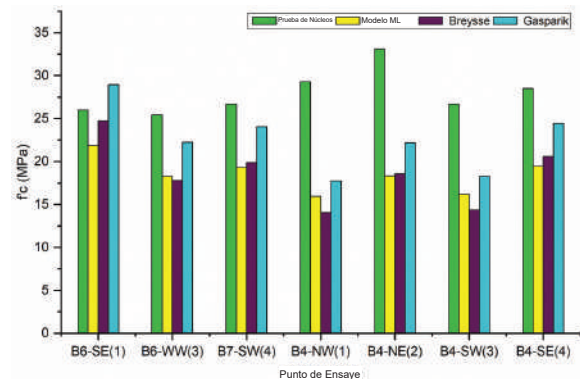


Figura 8: Predicciones de resistencia para el caso de estudio 3. (Nota: 1MPa = 145 psi)

30% aproximadamente (esto es, las estimaciones fueron conservadoras). Como se justifica una mayor investigación sobre los efectos de la congestión en el refuerzo y la geometría de los miembros en las mediciones de las pruebas no destructivas y los resultados del modelo asociado, no es sorprendente que el concreto de mala calidad con panal visible correspondiera con el error promedio más grande en la predicción de la resistencia a la compresión, ya que los datos de entrenamiento fueron obtenidos para especímenes de concreto sanos. Esto sirve para destacar el rol de los ingenieros en la interpretación de los resultados obtenidos de herramientas como la inteligencia artificial. A medida que los modelos de inteligencia artificial se vuelven más sólidos y se dispone de bases de datos de capacitación más grandes, sus capacidades también aumentarán; si bien la inteligencia artificial puede aumentar nuestra productividad, los ingenieros seguirán desempeñando un papel vital en la evaluación del estado de las estructuras en el futuro previsible.

Actualmente se está llevando a cabo un trabajo en curso para investigar si la precisión del modelo se puede mejorar aún más considerando parámetros de entrada adicionales, como la geometría (que inicialmente se ignoró a pesar de su efecto conocido sobre la resistencia del concreto y las mediciones de los métodos de prueba no destructivos), la edad y los parámetros básicos de diseño de la mezcla. El desafío obvio es que, para considerar más parámetros, el tamaño de la base de datos en consecuencia debe aumentar. Recopilar datos suficientes de buena calidad y filtrar valores atípicos o resultados de mala calidad es una tarea compleja; sin embargo, como se ve en la proliferación de la inteligencia artificial en otras disciplinas, el resultado puede ser bastante poderoso. En general, los resultados obtenidos hasta la fecha son alentadores y sugieren que la inteligencia artificial se puede adaptar para resolver desafíos clave en la industria de la construcción cuando se dispone de datos suficientes.

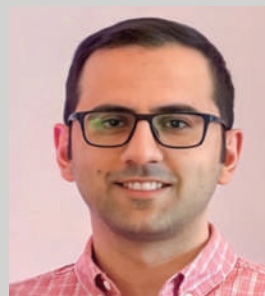
Finalmente, no se debe pasar por alto la importancia de los conceptos estadísticos de nivel de confianza para interpretar las predicciones del modelo de aprendizaje automático, como recomienda ACI 228.1R-19¹⁷ para todos los casos. Este es el tema del trabajo continuo de los autores y es un paso esencial para evaluar y aplicar los resultados del modelo.

Referencias

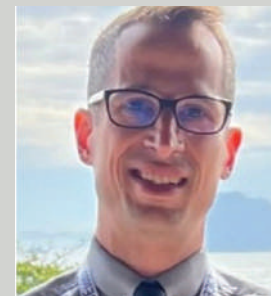
1. Breyse, D., and Balayssac, J.-P., *Non-Destructive In Situ Strength Assessment of Concrete*, Springer, 2021, 381 pp.
2. Pucinotti, R., "Reinforced Concrete Structure: Non-Destructive In-Situ Strength Assessment of Concrete," *Construction and Building Materials*, V. 75, Jan. 2015, pp. 331-341.
3. Breyse, D.; Soutsos, M.; Felicetti, R.; Krause, M.; Lataste, J.-F.; and Moczek, A., "How to Improve the Quality of Concrete Assessment by Combining Several NDT Measurements," *Proceedings of International Symposium on Non-Destructive Testing in Civil Engineering*, 2009, 8 pp.
4. Na, U.J.; Park, T.W.; Feng, M.Q.; and Chung, L., "Neuro-Fuzzy Application for Concrete Strength Prediction Using Combined Non-Destructive Tests," *Magazine of Concrete Research*, V. 61, No. 4, May 2009, pp. 245-256.
5. ACI Committee 228, "Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (ACI 228.2R-13)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2013, 82 pp.
6. RILEM, "Draft Recommendation for In Situ Concrete Strength Determination by Combined Non-Destructive Methods," *Materials and Structures*, V. 26, Jan. 1993, pp. 43-49.
7. Kouddane, B.; Sbartaï, Z.M.; Alwash, M.; Ali-Benyahia, K.A.; Elachachi, S.M.; Lamdouar, N.; and Kenai, S., "Assessment of Concrete Strength Using the Combination of NDT—Review and Performance Analysis," *Applied Sciences*, V. 12, No. 23, Nov. 2022.
8. Bolborea, B.; Dan, S.; Baeră, C.; Gruin, A.; Enache, F.; and Perianu, I.A., "Study Regarding the Evaluation of Prediction Models for Determining the Concrete Compressive Strength Using Non-Destructive Testing (NDT) Data: Validation Stage," *Solid State Phenomena*, V. 332, May 2022, pp. 173-181.
9. Cristofaro, M.T.; Viti, S.; and Tanganelli, M., "New Predictive Models to Evaluate Concrete Compressive Strength Using the SonReb Method," *Journal of Building Engineering*, V. 27, Jan. 2020.
10. ASTM C805/C805M-08, "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008, 3 pp.
11. ASTM C597-16, "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, 4 pp.
12. Malek, J., and Kaouther, M., "Destructive and Non-Destructive Testing of Concrete Structures," *Jordan Journal of Civil Engineering*, V. 8, No. 4, 2014, pp. 432-441.
13. Poorarbabai, A.; Ghasemi, M.R.; and Azhdari Moghaddam, M., "Conversion Factors Between Non-Destructive Tests of Cubic and Cylindrical Concrete Specimens," *AUT Journal of Civil Engineering*, V. 5, No. 1, 2021, pp. 3-16.
14. Breyse, D., "Nondestructive Evaluation of Concrete Strength: An Historical Review and a New Perspective

- by Combining NDT Methods,” *Construction and Building Materials*, V. 33, Aug. 2012, pp. 139-163.
15. Rajabi, A.M.; Omid Moaf, F.; and Abdelgader, H.S., “Evaluation of Mechanical Properties of Two-Stage Concrete and Conventional Concrete Using Nondestructive Tests,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, V. 32, No. 7, July 2020.
 16. Agunwamba, J., and Adagba, T., “A Comparative Analysis of the Rebound Hammer and Ultrasonic Pulse Velocity in Testing Concrete,” *Nigerian Journal of Technology*, V. 31, No. 1, Mar. 2012, pp. 31-39.
 17. ACI Committee 228, “Report on Methods for Estimating In-Place Concrete Strength (ACI 228.1R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 48 pp.
 18. “EN 13791:2019: Assessment of In-Situ Compressive Strength in Structures and Precast Concrete Components,” CEN-CENELEC Management Centre, Brussels, Belgium, 2019, 41 pp.
 19. Kayed, A.R., “The Strength of Concrete in Existing RC Structures,” MS thesis, Politecnico di Torino, Turin, Italy, July 2021, 67 pp.
 20. Alavi, S.A., and Noël, M., “Challenges for the Development of Artificial Intelligence Models to Predict the Compressive Strength of Concrete Using Non-Destructive Tests: A Review,” *Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2022*, Whistler, BC, Canada, 2022, pp. 839-857.
 21. Gasparik, J., “Prove Non Distruttive nell’Edilizia,” *Quaderno Didattico AIPND*, Associazione Italiana Prove Non Distruttive, Brescia, Italy, 1992.
 22. Alavi, S.A.; Noel, M.; Moradi, F.; and Layssi, H., “Development of a Machine Learning Model for On-Site Evaluation of Concrete Compressive Strength by SonReb,” *Journal of Building Engineering*, V. 82, Apr. 2024.
 23. Thai, H.-T., “Machine Learning for Structural Engineering: A State-of-the-Art Review,” *Structures*, V. 38, Apr. 2022, pp. 448-491.
 24. Tapeh, A.T., and Naser, M.Z., “Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Structural Engineering: A Scientometrics Review of Trends and Best Practices,” *Archives of Computational Methods in Engineering*, V. 30, Jan. 2023, pp. 115-159.
 25. Wang, Y.R.; Ngo, L.T.Q.; Shih, Y.F.; Lu, Y.L.; and Chen, Y.M., “Adapting ANNs in SONREB Test to Estimate Concrete Compressive Strength,” *Key Engineering Materials*, V. 792, Dec. 2018, pp. 166-169.
 26. Shih, Y.-F.; Wang, Y.-R.; Lin, K.-L.; and Chen, C.-W., “Improving Non-Destructive Concrete Strength Tests Using Support Vector Machines,” *Materials*, V. 8, No. 10, Oct. 2015, pp. 7169-7178.
 27. Sai, G., and Singh, V., “Prediction of Compressive Strength Using Support Vector Regression,” *MENDEL Soft Computing Journal*, V. 25, No. 1, June 2019, pp. 51-56.
 28. Asteris, P.G., and Mokos, V.G., “Concrete Compressive Strength Using Artificial Neural Networks,” *Neural Computing and Applications*, V. 32, No. 15, 2020, pp. 11807-11826.
 29. Poorarababi, A.; Ghasemi, M.; and Moghaddam, M., “Concrete Compressive Strength Prediction Using Neural Networks Based on Non-Destructive Tests and a Self-Calibrated Response Surface Methodology,” *Journal of Nondestructive Evaluation*, V. 39, No. 4, Oct. 2020, 11 pp.
 30. Ngo, T.Q.L.; Wang, Y.-R.; and Chiang, D.-L. “Applying Artificial Intelligence to Improve On-Site Non-Destructive Concrete Compressive Strength Tests,” *Crystals*, V. 11, No. 10, Sept. 2021.
 31. Shishegaran, A.; Varvae, H.; Rabczuk, T.; and Shishegaran, G., “High Correlated Variables Creator Machine: Prediction of the Compressive Strength of Concrete,” *Computers & Structures*, V. 247, Apr. 2021.
 32. Lacroix, F.; Noël, M.; Moradi, F.; Layssi, H.; and Tingson, T., “Nondestructive Condition Assessment of Concrete Slabs with Artificial Defects Using Wireless Impact Echo,” *Journal of Performance of Constructed Facilities*, V. 35, No. 6, Aug. 2021.
 33. Vu, C.-C.; Plé, O.; Weiss, J.; and Amitrano, D., “Revisiting the Concept of Characteristic Compressive Strength of Concrete,” *Construction and Building Materials*, V. 263, Dec. 2020.
 34. Rahal, K., “Mechanical Properties of Concrete with Recycled Coarse Aggregate,” *Building and Environment*, V. 42, No. 1, Jan. 2007, pp. 407-415.

Seyed Alireza Alavi es estudiante de Doctorado en Filosofía en la Universidad de Ottawa, Ottawa, ON, Canada. Sus intereses incluyen la aplicación de métodos de aprendizaje automático (ML) para encontrar nuevas soluciones en ingeniería estructural.



Martin Noël es miembro del ACI. Es profesor de la Universidad de Ottawa. Es presidente del Comité 215 del ACI, Fatiga del Concreto, y miembro de los subcomités 440-H, Concreto Reforzado con FRP, y el comité 440-I, Concreto Pretensado con FRP. Estudió su licenciatura en Ingeniería Civil por la Universidad de Manitoba, Winnipeg, MB, Canadá, y su doctorado en Ingeniería Estructural por la Universidad de Waterloo, Waterloo, ON, Canadá.



Hamed Layssi es miembro del ACI. Es cofundador e ingeniero estructural de FprimeC Solutions Inc., Richmond Hill, ON Canadá. Es miembro del comité ACI 228, Ensayos no Destructivos del Concreto. Estudió un Doctorado en Filosofía por la Universidad de McGill, Montreal, QC, Canadá.



Farid Moradi es cofundador y principal ingeniero en pruebas no destructivas de FPrimeC Solutions Inc., contando con más de 15 años de experiencia e investigación en la inspección y asesoramiento en el estado estructural de sistemas estructurales y cimentaciones. Estudió un Doctorado en Filosofía en la Universidad de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canadá, donde se enfocó en ser pionero en soluciones avanzadas para la evaluación no destructiva del concreto, con un enfoque especial en el desarrollo de métodos acústico-elásticos no lineales para la evaluación de microfisuras en elementos de concreto.



Título original en inglés:
**Can Artificial Intelligence Improve
Nondestructive Evaluation of
Concrete Strength?**

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
de México Noroeste**



Traductor:
**Jesús Omar
Montaña Montaña**
*Estudiante Ing. Civil
Universidad de Sonora*



Revisor Técnico:
**Ing. Óscar
Ramírez Arvizu**

03

Guía para la rehabilitación de diafragmas de concreto con FRP

Un proyecto de investigación financiado por la Fundación ACI ha llenado brechas de conocimiento en prácticas de diseño

Por Victoria K. Sicaras, en nombre de la Fundación ACI

Cuando se trata de rehabilitar edificios antiguos de concreto reforzado, los ingenieros a menudo no logran un consenso en torno a las recomendaciones de diseño para reforzar sistemas resistentes a cargas en estado deficiente. En específico, la escasez de datos sobre el uso de polímero reforzado con fibras (FRP) para reforzar diafragmas de piso de concreto, ha creado incertidumbre sobre qué enfoques serían apropiados. Una nueva investigación financiada por la Fundación ACI ha permitido cubrir este crítico vacío de conocimiento. El proyecto de investigación, de 2 años de duración, denominado “Desarrollo de directrices de rehabilitación con FRP para sistemas de concreto reforzado deficientes ante fuerzas laterales horizontales”¹, desarrolló y probó técnicas de rehabilitación para diafragmas utilizando FRP adherido externamente. Se espera que las recomendaciones de diseño obtenidas se incluyan en la próxima revisión de ACI PRC-440.2-23, “Guía para el diseño y la construcción de sistemas de FRP adherido externamente, para el reforzamiento de estructuras de concreto”². En la actualidad, el reforzamiento de diafragmas con FRP se encuentra fuera del alcance de ACI PRC-440.2 y de otros documentos de diseño relacionados con FRP. Los resultados más importantes de la investigación se están plasmando en directrices sobre cómo establecer la deformación unitaria efectiva para diseño del FRP, así como la contribución del FRP en la resistencia nominal a cortante. Las recomendaciones también abordan el uso de anclajes intermedios y extremos de FRP, las limitaciones en el espaciamiento libre entre bandas y otros factores pertinentes para el diseño de la rehabilitación.

“Las directrices de diseño desarrolladas permitirán el uso confiable de edificios existentes, satisfaciendo las necesidades cambiantes de los ocupantes y de la sociedad, garantizando al mismo tiempo su resiliencia y seguridad estructural”, declaró Ann Masek, Directora Ejecutiva de la Fundación ACI. “La Fundación ACI tuvo el placer de apoyar esta investigación, que promete impactos de gran alcance”.

La necesidad de pruebas experimentales

El uso de FRP adherido externamente como una técnica de rehabilitación implica el uso de epóxico para adherir bandas de tejido de vidrio o carbono a la superficie del concreto. Estas bandas brindan a la estructura un refuerzo adicional a tracción, lo que mejora su resistencia y comportamiento. El reforzamiento de diafragmas de concreto reforzado puede ser necesario para:

- Mejorar el comportamiento sísmico;
- Corregir propiedades de resistencia o rigidez inadecuadas;
- Proporcionar trayectorias de carga faltantes o incompletas;
- Mejorar la capacidad en zonas de inadecuada transferencia/conexión a cortante; y
- Adaptarse a los cambios de uso y ocupación de la estructura.

El FRP es una tecnología de construcción comprobada, que se utiliza ampliamente para mitigar las vulnerabilidades sísmicas y los problemas relacionados con la corrosión en losas, pórticos resistentes a momento y muros de cortante. Sin embargo, no se ha podido incluir en documentos de diseño, debido a insuficiente información sobre el uso de FRP para solucionar deficiencias de sistemas resistentes a fuerzas horizontales laterales (hLFRS), relacionadas con cuerdas y colectores inadecuados, así como también con una inapropiada capacidad a corte en el plano. “Los ingenieros y los fabricantes están trabajando bastante en la rehabilitación de diafragmas con FRP, pero en la práctica no se han realizado ensayos y se dispone de muy pocos datos numéricos, e incluso de disposiciones normativas, que indiquen la mejor forma de aplicar FRP adherido externamente a diafragmas”, explicó Eric Jacques, investigador principal del proyecto de investigación. Consecuentemente, los diseñadores deben basarse en ensayos experimentales de muros de cortante reforzados con FRP para justificar las aplicaciones de reforzamiento de un hLFRS.

“Pero sin un conocimiento documentado, relacionado al comportamiento de un diafragma de piso de concreto, y de su estado de esfuerzos en distintas geometrías y escalas, los diseños resultan muy conservadores”, afirma Jacques. Un enfoque demasiado conservador puede dar lugar a diseños excesivamente costosos. Por otro lado, un diseño que no sea lo bastante conservador puede acarrear riesgos, responsabilidades y el mayor de los costos: la pérdida de vidas humanas”.

“Los métodos demostrados y respaldados con datos reducen el riesgo y aumentan la confianza en las decisiones de diseño”, afirma Jacques.

Conseguir financiación

Jacques es profesor adjunto en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental “Charles E. Via, Jr.” del Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech), Blacksburg, VA, EE. UU. Sus actividades de investigación se centran en el análisis, diseño y rehabilitación de estructuras de concreto reforzado, así como en la protección contra explosiones y materiales energéticos. Matthew Eatherton, profesor y miembro de la facultad en el mismo departamento, es el co-investigador principal del proyecto.

Detalles del Proyecto

Nombre: Desarrollo de Directrices de Rehabilitación con FRP para Sistemas Resistentes a Fuerzas Laterales Horizontales Deficientes en Concreto Reforzado.

Investigador principal: Eric Jacques, Profesor Adjunto de Ingeniería Civil y Ambiental, Virginia Tech.

Co-investigador principal: Matthew R. Eatherton, Profesor de Ingeniería Civil y Ambiental, Virginia Tech.

Asistentes graduados de investigación: Pratiksha Dhakal y Hunter G. Hutton.

Aprobación del Comité Técnico del ACI: 440, Refuerzo con Polímeros Reforzados con Fibra.

Financiador: Fundación ACI.

Socios industriales: Simpson Strong-Tie, Structural Technologies, Fyfe, GeoTree Solutions; socio financiador en especie: Banker Steel.

Comisión asesora: Tarek Alkhrdaji, Scott Arnold, Aniket Borwankar, Enrique del Rey Castillo, Kent Harries, John Hepfinger, John Hooper y Ravi Kanitkar.

Asistencia en la construcción de especímenes: Garrett Blankenship, Brett Farmer y David Mokarem.

Asistencia en las pruebas: Ray Bodnar, Thomas Bracy, Quinton Moyer y Grace Whitesell.

Acerca de la investigación: El objetivo es desarrollar directrices de diseño para reforzar deficiencias en sistemas resistentes a fuerzas horizontales laterales (hLFRS) pertenecientes a edificios antiguos de concreto reforzado, empleando el diseño de FRP adherido externamente. Para ello, los investigadores

desarrollaron enfoques de diseño de rehabilitación que incluían tanto soluciones convencionales como innovadoras. Llevaron a cabo una serie de experimentos a gran escala para investigar el comportamiento, la disposición óptima y el anclaje del FRP para el reforzamiento de zonas deficientes de diafragmas de concreto reforzado que soportan principalmente cortante. Los resultados de las pruebas se utilizaron para desarrollar recomendaciones de diseño para el reforzamiento a cortante de diafragmas de concreto existentes, utilizando FRP adherido externamente. Estas recomendaciones incluyen una guía sobre cómo establecer la deformación unitaria efectiva de diseño del FRP y la contribución a cortante nominal por parte del FRP. También abordan el uso de anclajes intermedios y extremos de FRP, limitaciones en la separación libre entre bandas, y otros factores pertinentes en el diseño de la rehabilitación.

El proyecto contribuye a aumentar la sostenibilidad en la infraestructura por:

- Facilitar la reutilización y reconfiguración de edificaciones existentes para satisfacer las necesidades cambiantes de los ocupantes.
- Mitigar las deficiencias estructurales para producir un comportamiento resiliente durante las eventualidades de amenazas naturales.

El estudio también reveló la necesidad de recomendaciones de diseño más precisas, ya que las existentes tendían a subestimar el comportamiento real observado durante los experimentos.

Por medio de conversaciones con un proveedor de FRP en una convención sobre concreto de la ACI, Jacques se dio cuenta de la escasez de datos relevantes. Él y Eatherton procedieron a contactar con fabricantes, empresas de ingeniería y otros profesionales del sector para conocer su interés en apoyar un programa de desarrollo de métodos de diseño validados experimentalmente. Encontraron socios financieros y de apoyo en especie en Simpson Strong-Tie, Structural Technologies, Fyfe Co, GeoTree Solutions y Banker Steel.

“Nuestros socios industriales fueron algo más que una fuente de financiamiento”, afirma Jacques. “También aportaron su experiencia y apoyo técnico. Además, contábamos con un grupo asesor formado por académicos y consultores de ingeniería. Su retroalimentación y consejos fueron esenciales para garantizar la pertinencia y el impacto de nuestro trabajo para satisfacer las necesidades de la industria.”

Jacques y Eatherton también encontraron un defensor del proyecto en el Consejo de Investigación del Concreto (CRC) de la Fundación ACI. La misión de la Fundación ACI es realizar inversiones estratégicas en ideas, investigación y personas, para crear el futuro de la industria del concreto. Como parte de esa misión, el CRC ofrece un programa anual de solicitud de propuestas (RFP) que concede financiamiento a varios proyectos de investigación sobre el concreto.

El programa abierto RFP permite a los investigadores presentar proyectos de investigación. El financiamiento se concede en función de la relevancia y el potencial de impacto de la investigación, la calidad general de la propuesta, la capacidad del investigador, el apoyo complementario al proyecto (es decir, la colaboración con otros financiadores y organizaciones) y el compromiso del Comité Técnico de ACI. El proyecto de Jacques y Eatherton contaba con el compromiso de socios industriales y el respaldo del Comité 440 de ACI, Refuerzo con polímeros reforzados con fibras. Su propuesta fue seleccionada para recibir financiamiento en 2021.

Como parte del programa, la Fundación ACI se esfuerza por conceder al menos dos subvenciones anuales a proyectos dirigidos por un profesor asociado o adjunto, como Jacques, o por otro miembro del profesorado que inicie su carrera, para apoyar su trabajo y sus objetivos de investigación. Las subvenciones limitan el financiamiento de los costos indirectos al 15% para garantizar que los fondos se destinan a las personas (en forma de becas y salarios) y a las actividades implicadas en un proyecto, y no a los gastos generales de

la organización. Esto brinda a los estudiantes de posgrado la oportunidad de participar en importantes investigaciones que les ayudan a desarrollar y aplicar competencias técnicas y de desarrollo profesional. La oportunidad de investigar en este proyecto fue oportuna para uno de los estudiantes de posgrado de investigación implicados: Hunter Hutton, receptor de la beca Robert F. Mast, 2022-2023, de la Fundación ACI (véase la nota al margen en la pág. 60).

“Recibir el financiamiento y contar con un becario de la Fundación ACI en el proyecto fue una feliz coincidencia, y Hunter desempeñó un papel muy importante en la investigación. Estamos muy agradecidos con la Fundación ACI y a los miembros del ACI que reconocieron la importancia de este proyecto, su necesidad, y que colaboraron con nosotros para hacerlo realidad”, afirma Jacques.



Miembros del equipo de investigación de Virginia Tech. De izquierda a derecha: el investigador principal Eric Jacques, el coinvestigador principal Matthew Eatherton, y los asistentes de investigación Pratiksha Dhakal y Hunter Hutton.



Las pruebas a gran escala demostraron que el refuerzo con FRP adherido externamente mejoraba significativamente tanto la resistencia al corte como la rigidez de los diafragmas de concreto reforzado con deficiencias estructurales.

Establecer las bases

“Investigar el comportamiento de los diafragmas, tanto con o sin refuerzo de FRP, plantea retos importantes”, dijo Jacques. “Para comprender con precisión su comportamiento, es necesario ensayarlos a escalas que se aproximen a su aplicación en el mundo real”.

Los investigadores pusieron en marcha el proyecto organizando un taller con sus socios del sector empresarial y con el grupo de asesores, para comprender mejor el estado de la práctica y los vacíos de conocimiento a abordar. A lo largo del proyecto, el equipo se reunió periódicamente con el grupo asesor para compartir información actualizada y recibir guía y recomendaciones.

Basándose en los conocimientos adquiridos en el taller, el equipo construyó especímenes a gran escala y realizó un total de ocho pruebas para investigar el comportamiento, la disposición óptima y el anclaje del FRP en el reforzamiento de zonas con propiedades deficientes de diafragmas de concreto reforzado que soportan principalmente fuerza cortante. Las pruebas incluían una estructura de concreto sin reforzar y cinco estructuras reforzadas con diferentes configuraciones de FRP adherido externamente. Cada espécimen reforzado con FRP se diseñó para mantener una rigidez axial similar, variando al mismo tiempo los parámetros de reforzamiento con FRP.

Jacques atribuyó a los estudiantes de investigación, Pratiksha Dhakal y Hunter Hutton, la ejecución del trabajo concebido. Mientras Dhakal, estudiante de doctorado, se centró en el modelado numérico, Hutton realizó las pruebas de laboratorio.

Como estudiante principal del proyecto financiado por la Fundación ACI, Hutton llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica, diseñó y construyó las muestras, y analizó los resultados de los especímenes reforzados. El montaje de las pruebas presentaba una configuración única que incluía dos especímenes de ensayo unidos por un marco de acero reutilizable, donde un espécimen se encontraba integrado con el otro. La disposición permitió la construcción simultánea y el ensayo rápido de dos muestras a gran escala, acelerando significativamente el ritmo de la investigación en un proceso que, de otro modo, sería lento y dependería del tiempo de endurecimiento del concreto colocado.

“Hutton realmente estableció las bases de cómo deben realizarse estas pruebas”, afirmó Jacques.

Mientras tanto, Dhakal llevó a cabo un análisis de elementos finitos de la configuración experimental, para validar los cálculos de diseño de Hutton y predecir el comportamiento a cortante de los diafragmas reforzados. Ambos estudiantes analizaron los resultados y aplicaron ecuaciones y teorías para darles sentido, al tiempo que documentaban diligentemente su trabajo. Mantuvieron una comunicación abierta con la Comisión Asesora, compartiendo los resultados más recientes del equipo y coordinando las próximas pruebas.

Resultados del proyecto

“Demostramos que las reparaciones con FRP son eficaces para resolver las deficiencias estructurales de los diafragmas de concreto reforzado y aumentar su resistencia al corte”, dijo Jacques. “También desarrollamos un método de prueba experimental para evaluar diversas disposiciones de reforzamiento con FRP y sus variables de diseño, sobre el comportamiento a cortante de los diafragmas”.

Los logros del equipo incluyen el desarrollo de un procedimiento de cálculo para predecir la resistencia al corte de diafragmas con FRP. Los cálculos se contrastaron con los obtenidos en los experimentos, para determinar su precisión.

Los ingenieros que diseñan esquemas de rehabilitación de diafragmas utilizando FRP, se enfrentan a incertidumbres sobre el diseño y detallado de los esquemas de refuerzo. Otro reto es calcular, de manera confiable, la ganancia de resistencia proporcionada por estos compuestos adheridos externamente. El equipo de investigación encontró que el comportamiento general de los especímenes reforzados se veía afectado, principalmente, por la distribución y el detallado de los esquemas de refuerzo con FRP. El FRP aplicado en paralelo a la dirección del cortante mejoraba la resistencia del diafragma de forma más eficaz, mientras que la aplicación perpendicular mejoraba la ductilidad.

La contribución a la resistencia al corte del FRP adherido externamente también se vio muy influenciada por la extensión superficial de la rehabilitación, demostrando que utilizar tejido menos denso, que cubre una mayor área sobre la superficie, ofrecía un mejor control de las grietas por corte, en comparación con la utilización de bandas más angostas de tejido de alta densidad. Adicionalmente, no se observaron diferencias sustanciales de resistencia entre los diafragmas reforzados con materiales compuestos de FRP de

vidrio, en comparación con los de carbono, cuando las rehabilitaciones tenían dimensiones similares, indicando que puede utilizarse cualquiera de los dos tipos de tejido compuesto.

“Los resultados de las pruebas subrayaron la importancia de añadir un anclaje mecánico para complementar la unión química del epóxico que fija el FRP a la superficie de concreto”, afirmó Jacques. “El principal modo de falla es la separación del FRP de la superficie de concreto. Aunque el anclaje no aumenta la resistencia, desempeña un papel crucial a la hora de detener y retrasar el desprendimiento, si se llega a producir”.

Conozca a Hunter Hutton Beneficiario de la Beca Robert F. Mast 2022-2023 de la Fundación ACI



Invertir en las personas es un componente fundamental de la misión de la Fundación ACI. Cuando el personal de la Fundación se enteró de que uno de sus becarios era también un estudiante líder en un proyecto de investigación sobre el concreto financiado por la Fundación, “nos emocionamos”, dijo Ann Masek, Directora Ejecutiva de la Fundación ACI.

Hunter Hutton recibió la beca Robert F. Mast Memorial para el período 2022-2023. Las becas para estudiantes de la Fundación ACI se ofrecen a estudiantes de alto potencial en estudios relacionados con el concreto, que estén avalados por un miembro de ACI. En aquel momento, Hutton era estudiante de posgrado en Virginia Tech, donde estudiaba ingeniería estructural. El premio en efectivo que incorpora la beca, ayudó a Hutton a completar su investigación de posgrado.

“Fue un honor recibir la beca”, dijo Hutton. “Me ayudó a quitarme un peso financiero de encima y, al mismo tiempo, me proporcionó increíbles oportunidades para establecer contactos y recibir orientación de otros entusiastas del concreto e ingenieros estructurales. Mi objetivo es inspirar a futuros ingenieros diseñando soluciones estructurales innovadoras en la práctica, y trasladando mis conocimientos a las aulas como profesor más adelante.”

Hutton completó su investigación de maestría bajo la dirección del profesor adjunto Eric Jacques. Cuando Jacques se convirtió

Impactos a largo plazo

La parte del proyecto de investigación financiada por la Fundación ACI concluyó en julio de 2023, tras haber producido una gran cantidad de información que puede incorporarse a documentos de diseño y compartirse en conferencias. El equipo colabora actualmente con el Subcomité 440-F de ACI, Reparación y Reforzamiento con FRP, para añadir lineamientos de reforzamiento a cortante de diafragmas, en el próximo ciclo de revisión de ACI PRC-440.2. Los miembros de la Comisión Asesora están incorporando las recomendaciones a su trabajo.

en investigador principal del proyecto de investigación, “ Desarrollo de Directrices de Rehabilitación con FRP para Sistemas Resistentes a Fuerzas Laterales Horizontales Deficientes en Concreto Reforzado “, Hutton se ganó un puesto como uno de los dos primeros asistentes graduados de investigación en el proyecto. Los estudiantes de posgrado que participan en este tipo de actividades mejoran su experiencia al tiempo que obtienen su título.

“Fui muy afortunado de tener la oportunidad de trabajar como asistente de investigación de posgrado mientras estaba en Virginia Tech, y liderar un proyecto cofinanciado por el ACI y la industria, centrado en la rehabilitación con FRP de diafragmas de concreto reforzado con deficiencias a corte”, dijo Hutton. “Este puesto me permitió cursar mi máster, en el que amplí enormemente mis conocimientos en ingeniería estructural”.

Hutton trabaja ahora como ingeniero de estructuras en McSweeney Engineers, en Carolina del Sur (EE. UU.). Desde que se graduó de Virginia Tech, otros estudiantes de posgrado se han unido al proyecto de investigación.

“Contar con la participación de estudiantes excelentes como Hunter, es fundamental para el éxito del proyecto y mantener su impulso”, afirmó Jacques.

El objetivo del Programa de Becas para Estudiantes de la Fundación ACI es identificar, atraer y desarrollar profesionales destacados, para que desarrollen carreras productivas en el campo del concreto. Todas las donaciones realizadas a la Fundación ACI se destinan directamente a los estudiantes, a la investigación y a la innovación. Más información en www.acifoundation.org/scholarships.aspx.

La investigación también atrajo la atención y financiamiento de la National Science Foundation (NSF). El componente financiado por la NSF explora el uso de la optimización topológica para desarrollar patrones de refuerzo no ortogonales de FRP en diafragmas.

“Mientras que la Fundación ACI estaba interesada en generar disposiciones de diseño y orientación para el uso seguro y eficiente de estos materiales, la NSF está interesada en comprender la ciencia que hay detrás de la técnica de refuerzo”, dijo Jacques.

Dhokal se encarga de la parte de fundamentación teórica. Está estudiando cómo optimizar el FRP para reforzar los diafragmas, sobre todo en lo que respecta a su orientación en el diafragma. También está investigando cómo repercute la rehabilitación del piso en el comportamiento global de la estructura.

En cuanto a los ensayos prácticos, se están realizando más pruebas a petición de la industria. Por ejemplo, dado que actualmente no existen requisitos normativos para rehabilitaciones con FRP, las entidades responsables de la construcción suelen exigir un informe de pruebas con un análisis en profundidad para demostrar que el diseño es adecuado.

“Las empresas se ponen en contacto con nosotros para comprobar aspectos exclusivos de sus diseños de rehabilitación a cortante de diafragmas, y para facilitarles un informe de pruebas en conjunto con los cálculos y su correspondiente análisis”, explica Jacques. “Últimamente, nos plantean situaciones que no habíamos considerado, como rehabilitaciones que emplean más FRP del que permite normalmente el código, o diafragmas contruidos con materiales deficientes o concreto ligero. Hasta ahora, hemos realizado 10 pruebas de este tipo, y nuestro laboratorio tiene previsto seguir haciéndolas durante el próximo año y medio.”

Apoyando el futuro de la industria del concreto

El proyecto de rehabilitación de diafragmas con FRP para nuevos lineamientos, resalta la importancia de financiar iniciativas como las que ofrece el CRC de la Fundación ACI. Dichos proyectos no sólo apoyan a los investigadores principiantes y a los estudiantes de posgrado, sino que también impulsan los avances en tecnología, materiales y métodos de construcción para, en última instancia, dar forma a un futuro más sostenible para la industria del concreto. A través de los esfuerzos de investigación colaborativos, y del apoyo financiero,

la industria de la construcción en concreto puede continuar innovando y adaptándose para satisfacer las necesidades cambiantes, mientras mantiene los más altos estándares de seguridad y sostenibilidad.

“En última instancia, el público es el que más se beneficia de esta investigación”, añadió Jacques. “Como ingenieros, tenemos el deber de garantizar la seguridad de los ciudadanos, las comunidades y el medio ambiente. Como buenos administradores del entorno construido, nuestro objetivo es mejorar su seguridad y resiliencia, al tiempo que reducimos los residuos de construcción enviados a los vertederos, evitando demoliciones y reconstrucciones innecesarias.”

La Fundación ACI continúa financiando a las personas, la investigación y las innovaciones que aportan las soluciones necesarias. Las organizaciones pueden ayudar a los esfuerzos de la Fundación y apoyar la investigación y los avances tecnológicos relacionados con el concreto, aportando sus conocimientos, experiencia y donaciones. Para más información, visite www.acifoundation.org/giving.

Referencias

1. Hutton, H.G.; Dhokal, P.; Eatherton, M.R.; y Jacques, E., “Development of FRP Retrofit Guidelines for Deficient Reinforced Concrete Horizontal Lateral Force Resisting Systems,” Virginia Tech Research Report No. CE/VPI-ST-23/07, Blacksburg, VA, July 2023, 200 pp, <https://www.acifoundation.org/Portals/12/xBlog/uploads/2023/8/24/VirginiaTechCE-VPI-ST-23-07FRPRetrofitofDeficientReinforcedConcreteHorizontalLateralForceResistingSystems.pdf>.
2. ACI Committee 440, “Design and Construction of Externally Bonded Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Systems for Strengthening Concrete Structures-Guide (ACI PRC-440.2-23),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2023, 109 pp.

Seleccionados por el interés de los lectores

Victoria (Vikki) K. Sicaras es administradora de contabilidad de Advancing Organizational Excellence (AOE), una filial de ACI que ofrece servicios de consultoría en marketing y gestión de asociaciones. Tiene más de 20 años de experiencia escribiendo y editando para editoriales reconocidas en la industria de la construcción, con énfasis en la construcción en concreto.



Título original en inglés:
**Guidance Emerges for FRP
Retrofits of Concrete Diaphragms.**
ACI Foundation-funded research project has filled
knowledge gaps in design practices

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
de Colombia**



Traductor:
**Kevin Andrés Tami
Torres**



Revisora Técnica:
**Nancy Torres
Castellanos**

04

Premios de Cemento de Escoria en Concreto Sostenible 2023

Once proyectos galardonados por el uso excepcional de cemento de escoria en la construcción con concreto

La Asociación de Cemento de Escoria (SCA, por sus siglas en inglés) anunció a los ganadores de su programa de Premios de Cemento de Escoria en Concreto Sostenible 2023. Los galardonados fueron revelados durante la Convención de Concreto ACI - Primavera 2024 en Nueva Orleans, Louisiana, EE. UU.

Once proyectos de construcción de diferentes partes de los Estados Unidos fueron elegidos para mostrar las amplias aplicaciones del cemento de escoria y su impacto en la creación de concreto más duradero y sostenible. Todos estos ganadores demuestran cómo el cemento de escoria contribuye a mejorar la durabilidad del concreto al mismo tiempo que reduce el carbono incorporado asociado con la producción de concreto. Para obtener más información sobre el programa de Premios de Cemento de Escoria en Concreto Sostenible, visite www.slagcement.org/awards.

Los ganadores del Premio al Concreto Sostenible con Cemento de Escoria 2023 son:

Premio: Arquitectónico

Estacionamiento de la Universidad de Wyoming y Departamento de Policía

La construcción de este desafiante proyecto incluyó condiciones invernales en Laramie, WY, EE. UU. El vaciado de concreto comenzó en marzo de 2022 y se completó en junio de 2023. Las losas de la estructura de estacionamiento fueron todas postensadas, y los tiempos de tensado se basaron en el monitoreo de madurez, debido a que el clima frío dificultaba asegurar que los cilindros de concreto curados en campo, mantuvieran la misma temperatura que las losas.

El diseño de la mezcla de concreto contenía un 35% de cemento de escoria con un límite de contracción de 0.036.

Una gran cantidad de cemento de escoria fue utilizada para cumplir con la resistencia promedio requerida de 6,000 psi (41 MPa). Adicionalmente, se seleccionó el cemento de escoria para reducir la demanda de agua y minimizar el riesgo de desprendimiento y fisuras.

Equipo del Proyecto: Universidad de Wyoming, Propietario; Sampson Construction, Contratista; By Architectural Means, Arquitecto; Walker Consultants, Ingeniero; Croell, Inc., Concreto; CTL | Thompson, Inc., Diseño de Mezcla de Concreto; y Skyway Cement Company, Cemento de Escoria.

Whitman-Walker en el Centro Max Robinson de St. Elizabeths

Whitman-Walker Health (WWH) ofrece atención médica primaria, de salud mental y dental, así como una variedad de servicios legales y de apoyo relacionados con la salud a más de 20,000 individuos y familias anualmente en la región metropolitana de Washington, DC, EE. UU. WWH es un centro comunitario sin fines de lucro con experiencia en el cuidado del VIH/SIDA y la comunidad LGBTQ+. Esta nueva instalación fue construida en el Campus de St. Elizabeths en el Distrito 8, la cual es una comunidad menos privilegiada.

El terreno asignado para el edificio tiene una forma triangular pequeña. Para maximizar el espacio utilizable del edificio, el arquitecto construyó una fachada única y cóncava que se curva escultóricamente con el paisaje. La fachada parcial de piedra roja armoniza perfectamente con el campus histórico de St. Elizabeths mientras moderniza la arquitectura del campus.

Se utilizó cemento de escoria en los cimientos, vigas de amarre, columnas, losas en el suelo, muros de corte, muros de cimentación y concreto diverso. Las mezclas contenían entre un 40 a 50% de cemento de escoria para reducir las emisiones de carbono y retrasar el proceso de curado inicial.

El uso de cemento de escoria ayudó a minimizar el diferencial térmico en grandes colados de losas, evitando así la fisuración por contracción térmica. De igual manera, el cemento de escoria extendió los tiempos de fraguado, ya que las temperaturas normalmente se ubican entre los 85 a 100°F (30 a 38°C) durante los meses de verano en Washington, DC. La resistencia a los 28 días superó la resistencia de diseño, y utilizar cemento de escoria desempeñó un papel integral en la reducción del carbono incorporado en el proyecto.

Equipo del Proyecto: Redbrick LMD, Propietario; Miller & Long, Co. Inc., Contratista; Winstanley Architects & Planners, Arquitecto; SK&A, Ingeniero; Monumental Concrete & Planners, Concreto; y Heidelberg Materials, Cemento de Escoria.

Premio: Durabilidad

Garaje Hillman



El Garaje Noah Hillman, ubicado en el centro histórico de Annapolis, Maryland, EE. UU., es una edificación de 190,000 ft² (18,000 m²) que reemplazó a una estructura para estacionamientos de 50 años en el mismo sitio. Esta edificación que cuenta con 590 espacios de estacionamiento posee paneles solares capaces de suministrar el 100% de las necesidades energéticas de la edificación, un sistema de recolección de aguas pluviales que evita que el agua de lluvia afecte al distrito comercial vecino y lectores de placas vehiculares que permiten estacionar sin barreras y reducir el consumo de combustible que se produce durante los retrasos a las entradas y salidas.

El equipo del proyecto personalizó mezclas de concreto de bajo carbono para incluir un 50% de cemento de escoria y cemento tipo IL ASTM C595. La combinación de cemento de escoria y cemento de piedra caliza Portland ayudó con el exigente cronograma de construcción del proyecto, y cumplió con los requerimientos de durabilidad para diseño de una vida útil de 75 años. El color claro del pavimento de concreto también proporciona beneficios estéticos y sociales.

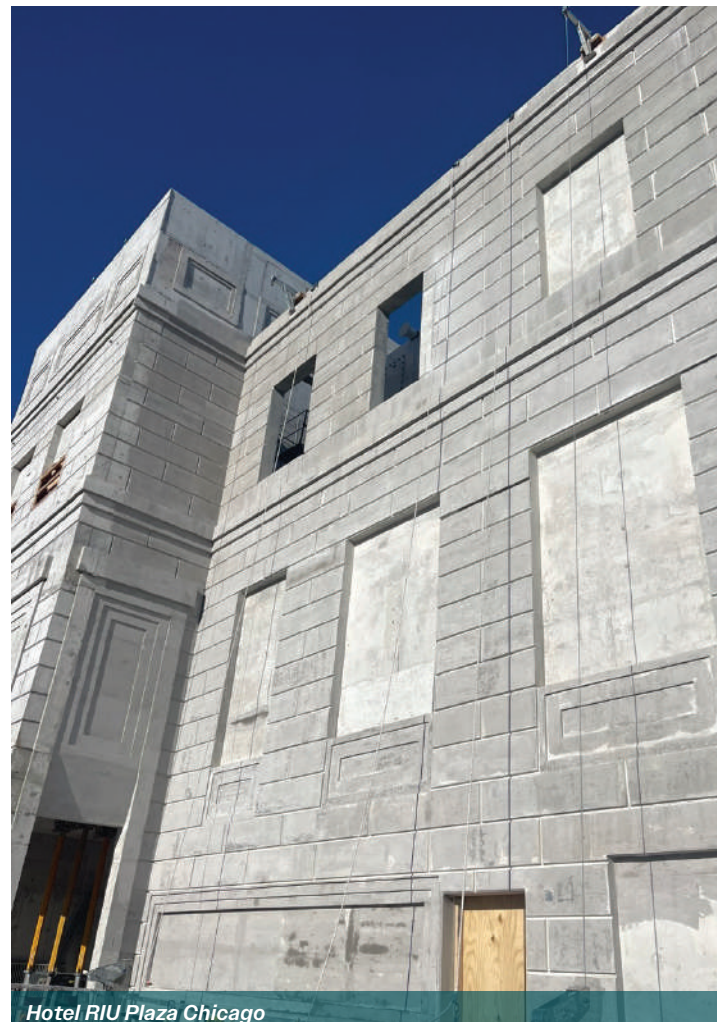
El Garaje de Estacionamiento Hillman es un proyecto clave dentro del histórico Distrito del Centro de Annapolis. Incluye más de cinco niveles de estacionamiento, estaciones de carga para vehículos eléctricos (EV), bastidores para bicicletas y acceso abierto a caminos peatonales a nivel de

la calle que servirán como espacio de reunión para eventos comunitarios y ayudarán a revitalizar el espacio urbano circundante.

Equipo del Proyecto: Ciudad de Annapolis, Propietario; The Whiting-Turner Contracting Company, Contratista; BCT Design Group, Arquitecto; Walker Engineering, Ingeniero; BARR Concrete, suministrado por Chaney Enterprises, Concreto; Heidelberg Materials, Cemento de Escoria.

Hotel RIU Plaza Chicago

Ubicado en Chicago, Illinois, EE. UU., el Hotel RIU Plaza Chicago es una estructura de concreto colado in situ de 273,000 ft² (25,300 m²) y 28 pisos. Completado en diciembre de 2023, la superestructura se construyó con 14,200 yd³ (10,900 m³) de concreto, 1,200 tons (1,088 tonnes) de barras de refuerzo y 125 tons (113 tonnes) de postensado. La estructura se diferencia de los edificios adyacentes -en lugar de un sistema estándar de ladrillo y muro cortina- el Hotel RIU Plaza Chicago está envuelto con concreto arquitectónico.



El cemento de escoria ayudó a obtener un concreto de alta resistencia con un acabado liso y uniforme para el concreto exterior expuesto. Lograr la visión arquitectónica para el exterior del edificio fue significativamente importante para asegurar el éxito general del proyecto. Con una planificación cuidadosa y estratégica, el equipo de McHugh Concrete se asoció con Doka para proporcionar encofrados especiales y lograr las juntas arquitectónicas en el concreto. Las juntas hechas a base de fibra de vidrio, unidas al encofrado para imitar un patrón de diseño de una fachada de ladrillo, resultaron en el texturizado de ladrillo deseado después de retirar los moldes.

El cemento de escoria ayudó a mejorar el bombeo y reducir la permeabilidad del concreto, resultando en una superficie que se espera que dure hasta 30 años más que el concreto convencional. La alta reflectancia solar del concreto ayuda a mantener el edificio más fresco en verano reflejando la luz solar, reduciendo la demanda de energía del sistema de HVAC y minimizando el efecto isla de calor de la zona circundante.

El Hotel RIU Plaza Chicago está ubicado en la intersección de la Avenida Michigan y Calle Ontario en el barrio de Streeterville. La logística del proyecto fue todo un desafío, ya que el sitio no contaba con espacio para el almacenamiento de materiales. Una planificación estratégica de entregas y almacenamiento de materiales en las bodegas de McHugh Concrete garantizó la finalización exitosa de la estructura. El equipo también coordinó el cierre de la calle Ontario para que los obreros de McHugh Concrete pudieran desmontar de manera segura la grúa torre.

Las mezclas de concreto lograron alta resistencia a las 18 horas para aplicaciones de postensado, lo que ayudó a mantener los ciclos normales de colocación y el eficiente cronograma de construcciones en altura. Esta mezcla de concreto también ayudó a reducir el carbono incorporado utilizado para construir la estructura.

Equipo del Proyecto: The Prime Group, Propietario; W.E. O'Neil Construction, Contratista General; McHugh Concrete Construction, Inc., Contratista; Lucien Lagrange, Arquitecto; WSP, Ingeniero; Oremus Material, Concreto; y Skyway Cement Company, Cemento de Escoria.

Premio: Concreto de Alto Comportamiento

333 North Water

Este proyecto creó un nuevo punto de acceso público al Milwaukee RiverWalk en Milwaukee, Wisconsin, EE. UU., al extender el camino existente hasta la esquina entre la Avenida St. Paul y la Calle Water, proporcionando una conexión con el aledaño Mercado Público Milwaukee. La planta baja se compone de 10,000 ft² (930 m²) de espacio comercial, incluido un espacio previsto para un restaurante con un área considerable para asientos al aire libre a lo largo del río. En sintonía con su dirección, el proyecto ofrece 333 unidades de apartamentos, desde estudios hasta tres recámaras y penthouses.

Aunque claramente destaca del distrito circundante por su altura, el diseño del proyecto estuvo fuertemente influenciado por el carácter arquitectónico del Historic Third Ward. La diversidad de colores y texturas del ladrillo, los detalles en metal trabajados con rigurosa destreza, y las distintas escalas del contexto histórico se ven reflejados en el diseño moderno de la torre. Orientado a lo largo del eje de la Avenida St. Paul para minimizar su impacto en la línea del techo del distrito histórico, presenta una composición estratificada de estilo industrial de ladrillo, prefabricado, panel de metal y vidrio. A lo largo de la calle Water, se diseñó intencionalmente una estructura de estacionamiento con pantalla de siete pisos para que pareciera una estructura separada, sirviendo como una transición de estilos entre lo antiguo y lo nuevo



333 North Water

El cemento de escoria se utilizó en todo el proyecto, incluido en una mezcla con aire incorporado de 6,000 psi (41 MPa) con aire para la losa postensada de la estructura del estacionamiento. Se seleccionó cemento de escoria por sus características de durabilidad, baja huella de carbono y características consistentes de demanda de agua y resistencia. La mezcla para la estructura de estacionamiento incluyó cemento Portland con piedra caliza y cemento de escoria con un nivel de reemplazo de cemento del 14.5%. Si bien las bajas relaciones entre agua/materiales cementicios (w/cm) y las altas dosis de policarboxilatos pueden causar sensibilidad y fluctuaciones en el contenido total de aire, la consistencia del cemento de escoria resulta en una baja variabilidad en los índices de dosificación de aire entre una colocación y otra.

La mezcla de la losa tenía una resistencia a la compresión promedio de 7,200 psi (50 MPa) a los 28 días, excediendo las especificaciones del proyecto y permitiendo que se mantenga el cronograma del proyecto.

Las especificaciones del proyecto requerían 8,000 y 10,000 psi (55 y 69 Mpa) a los 56 días para las columnas y paredes centrales. Los niveles de sustitución para estas mezclas fueron del 9.3% y 12%, respectivamente. El cemento de escoria fue seleccionado para estas aplicaciones de alta resistencia debido a su consistencia en ganancias de resistencia al corto y largo plazo, junto con sus propiedades naturales de reducción de agua. Estas mezclas necesitaban ser bombeadas a más de 31 pisos a través de tuberías rígidas y una pluma de colocación. El cemento de escoria ayudó a aumentar el volumen de pasta mientras proporcionaba una mezcla manejable.

Equipo del Proyecto: Hines, Propietario; W.E. O'Neil Construction, Contratista; SCB, Arquitecto; Riv/Crete Ready Mix, Concreto; and St Marys Cement, Cemento de Escoria.

Excellerate Manufacturing

Ubicada en Appleton, Wisconsin, EE. UU., Excellerate necesitaba un nuevo espacio para expandir sus innovaciones en fabricación eléctrica diseñadas para reducir los costos de energía. El nuevo espacio presentaba una losa de piso de 7 in (178 mm) que comprendía una mezcla de concreto de 4,500 psi (31 MPa) con un contenido de cemento de escoria con un nivel de sustitución al 30%. La enorme área del piso requería 9,200 yd³ (7,030 m³) de concreto y tomó 3 semanas colocarlo.

La segunda fase del proyecto comprendía la colocación de un pavimento exterior de 7 in (178 mm) de espesor.

Equipo del proyecto: Solvare, Propietario; Milis Flatwork, Contratista; Ingenieros/Arquitectos de McMahon, Arquitecto e Ingeniero; MCC Inc., Concreto; y St Marys Cement, Cemento de Escoria.

Premio: Infraestructura

Puente Race Street

El proyecto del puente Race Street en Catasauqua, Pensilvania, EE. UU., fue un reemplazo de una losa de un puente ligero sobre vigas de acero. Se utilizó concreto prefabricado porque el Departamento de Transporte de Pensilvania (PennDOT) quería acelerar el proceso de construcción y limitar las interrupciones. Se permitió que el puente estuviera cerrado solo durante 42 días. Además, el prefabricado redujo cualquier retraso que el clima hubiera ocasionado si la colocación del cemento se hubiera realizado in situ.

El concreto fue diseñado para un peso de equilibrio de 115 lb/ft³ (1,842 kg/m³) y alcanzó 5,000 psi (35 MPa) en 15 horas. No se permitió el uso de arena ligera en el diseño de la mezcla. El proyecto tomó solo 56 días para completarse en su totalidad.

El Puente Race Street tiene cuatro claros, con una longitud de 386 ft (118 m), con vigas tipo "I" originalmente construido en 1957. El tráfico diario promedio sobre el puente es de 10,691 vehículos.

Se utilizó cemento de escoria para garantizar la durabilidad; no se utilizó ningún otro material cementicio suplementario (MCS) en la mezcla. El cemento de escoria ayudó a cumplir con las ganancias de resistencia y los requerimientos para el desencofrado al día siguiente. El rendimiento de la mezcla permitió una producción, envío y colocación rápida del producto final en el lugar de trabajo. La mezcla fue diseñada para ser un concreto liviano convencional con una resistencia mínima de 5,000 psi (34.4 MPa).

El cemento de escoria ayudó en todos los aspectos del proyecto, incluido el desempeño de la mezcla durante la colocación en los moldes prefabricados, un excelente acabado de forma con mínimos agujeros ocasionados por las burbujas de aire, velocidad de construcción en el lugar de trabajo y estética general con un buen acabado y consistencia en el color.

Equipo del Proyecto: PennDOT, Propietario; PKF Mark III, Inc., Contratista; Pennoni, Ingeniero; Northeast Prestressed Products, LLC, Hormigón; y

Heidelberg Materials, Cemento de Escoria. **Parque de la Planta de Ensamblaje de Wixom**

Un terreno baldío que fue una planta de ensamblaje de Ford en Wixom, Michigan, EE.UU., ha sido renovado en un distrito de bodegas para almacenamiento. Wayfair, Amazon y otros más están aprovechando esta área central ubicada cerca de la Interestatal 96. El proyecto utilizó cemento de escoria en los paneles de concreto tilt-up, pavimentación y pisos, por su resistencia, consistencia y mejora de las características de acabado. El cemento de escoria ayudó a proporcionar consistencia en el color, y cumplió con los niveles de resistencia necesarios incluidos los requisitos a temprana de los paneles tilt-up.

Equipo del Proyecto: Flint Development, Propietario; Sterling Contracting, Contratista; Davidson Architecture + Engineering, Arquitecto; Nowak & Fraus Engineers, Ingeniero; Modern Concrete, Concreto; y St Marys Cement, Cemento de Escoria.

Premio: Aplicaciones Innovadoras

Condominios 200 Central Art House

RSI completó las cimentaciones para el proyecto Art House en St. Petersburg, Florida, EE. UU., y también está realizando el cascarón completo, incluyendo desde la cimentación hasta la cubierta (43 pisos), tres elevadores, dos escaleras desde la planta baja hasta la cubierta y una escalera adicional hasta la cubierta de área de amenidades en el Nivel 9. Se utilizaron más de 300 camiones para colocar 2,853 yd³ (2,181 m³) de concreto para la losa principal de cimentación. Se agregó un reductor de permeabilidad cristalino al concreto colocado en las fosas de los elevadores. El proyecto requirió 20 cargas de camión de acero de refuerzo, que incluyeron 443 toneladas (401 toneladas métricas) en la losa de cimentación. El vertido de cada losa fue de aproximadamente 830 a 860 yd³ (635 a 658 m³) y se colocó en tres secciones. Debido a que un cronograma de 78 semanas se redujo a 74 semanas, garantizar la ganancia de resistencia era muy importante para asegurar la terminación del proyecto a tiempo. Las losas incluyeron postensado, y las mezclas de concreto fabricadas con cemento de escoria consistentemente alcanzaron la resistencia requerida para el tensado al día siguiente.

Equipo del proyecto: Reinforced Structures, Inc., Propietario y Contratista; SB Architects, Arquitecto; McNamara Salvia Structural Engineers, Ingeniero; y

Argos, Concreto y Cemento de Escoria. **Club Campestre del Lago Duck**

Ubicado en Albion, Michigan, EE. UU., el Club Campestre del Lago Duck restauró su estacionamiento de asfalto en mal estado al cubrirlo con un revestimiento de concreto no adherido de 4 a 6 pulgadas (102 a 152 mm) de grosor. Completado en 7 días con una mínima interrupción para sus socios, el club recibió una solución sostenible, duradera y económica: un revestimiento de concreto que contiene cemento de escoria.

El cemento de escoria se utilizó para mitigar posibles preocupaciones asociadas con la reactividad álcali-sílice (RAS) al tiempo que se aumentaba la resistencia y durabilidad a largo plazo.

La mezcla contenía ambos cementos, el portland con piedra caliza (PLC) y de escoria. Se eligió el cemento de escoria como el material cementicio suplementario (MCS) preferido con el conocimiento de que la alúmina en el cemento de escoria reaccionaría en su totalidad con la piedra caliza finamente molida en el PLC para formar hidratos de carboaluminato adicionales, lo que resultaría en una menor porosidad y un aumento en la resistencia.

La mezcla también incorporaba un aditivo reductor de agua de alto rango (HRWRA), 1.5 lb/yd³ (0.9 kg/m³) de macrofibras sintéticas, y un sellador integral. El concreto fue vertido con una regla niveladora láser tridimensional (3-D), cortados en paneles de 5 pies (1.5 m) y curados adecuadamente.

Equipo del Proyecto: Duck Lake Country Club, Propietario; Merlo Construction Company, Inc., Contratista; Shafer Redi-Mix, Concreto; y Holcim, Cemento de Escoria.

Premio: Concreto de bajo contenido de carbono

Manor West River

Ubicado en Tampa, Florida, EE. UU., este proyecto multifamiliar está actualmente en construcción en el barrio de West River a lo largo del río Hillsborough. El complejo contará con un edificio de apartamentos de mediana altura de ocho pisos con 360 unidades, acabados de alta gama y comodidades, incluida una piscina, un gimnasio y un club social. El proyecto también incluirá un



Manor West River

garaje de estacionamiento de ocho niveles con 530 espacios de estacionamiento.

Se seleccionó cemento de escoria para la mezcla de concreto para mejorar la bombeabilidad, trabajabilidad y durabilidad, además de proporcionar una mezcla de bajo carbono. La mezcla proporcionó al contratista tiempos adecuados de trabajabilidad y de fraguado, y cumplió con los requisitos de resistencia.

Equipo del proyecto: Autoridad de Vivienda de Tampa, Propietario; Balfour Beatty, Contratista; MSA Architects, Arquitecto; Ingenieros Estructurales McNamara Salvia, Ingeniero; Concreto Maschmeyer, Concreto; y Argos, Cemento de Escoria.

Título original en inglés:
**2023 Slag Cement in Sustainable
Concrete Awards.**

Eleven projects honored for exceptional use of slag
cement in concrete construction

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



Traductor:
**Cristian Vallejo
Delgado**



Revisor Técnico:
**Ing. Santiago Vélez
Guayasamín, MSc.
DIC**

Seleccionando un sistema de protección

P. *Nuestro equipo de trabajo está valorando distintas opciones para sistemas de protección en un proyecto. ¿Debemos considerar la preparación de la superficie al seleccionar un sistema de protección y, de ser así, en qué debemos pensar?*

R. La durabilidad y protección del concreto depende del mismo concreto, incluyendo las materias primas, las proporciones de la mezcla, la dosificación y la colocación. Para extender la vida útil de los elementos y estructuras de concreto, un sistema de protección debe proporcionar una barrera entre el concreto y el agente que causa el daño o las condiciones nocivas. El propio sistema de protección también debe ser duradero y eficaz teniendo en cuenta la exposición prevista. El diseño e instalación de sistemas de protección para evitar el deterioro se ha discutido dentro de ACI durante más de 85 años; el primer documento de ACI sobre sistemas de protección se publicó en 1942¹.

La selección del sistema de protección depende de varios factores que incluyen, entre otros y de manera no limitativa, el tipo de estructura o componente a proteger, (aplicación horizontal versus vertical), exposición a condiciones ambientales y/o materiales nocivos, estética y la naturaleza y condición del sustrato de concreto en sí. El documento ACI PRC-515.2-13(23), “Guía para seleccionar tratamientos protectores para concreto”, proporciona información detallada sobre los sistemas de protección disponibles y los materiales nocivos². Este documento incluye una tabla que indica los efectos de diversos productos químicos sobre el concreto y los tratamientos protectores correspondientes que se pueden utilizar para prevenir el deterioro y los daños.

Si bien todos los sistemas de protección tienen beneficios y limitaciones que deben evaluarse antes de la selección, también se debe considerar

la condición del sustrato existente, incluida la existencia de sistemas de protección previamente instalados y la solidez de la superficie del sustrato de concreto. La preparación inadecuada de la superficie es una de las causas más comunes de fallas en los sistemas de protección del concreto. El documento ACI 515.3R-20, “Guía para la evaluación y preparación de superficies para la aplicación de sistemas de protección para concreto”, fue desarrollada para proporcionar información y orientación en la evaluación de la preparación de superficies antes de la aplicación de un sistema de protección³.

Los requisitos de preparación de la superficie pueden variar según el sistema de protección seleccionado. Los contaminantes de la superficie, como aceite, agentes desmoldantes y sales solubles en cloruro pueden inhibir la unión y el rendimiento del sistema de protección. El fabricante del sistema de protección normalmente requiere condiciones superficiales específicas para sus materiales, incluido el perfil de la superficie del concreto, los niveles de humedad, la aceptabilidad de las grietas y el pH de la superficie. Por ejemplo, los sistemas de protección penetrantes son particularmente sensibles a cualquier condición o contaminante de la superficie que impida la absorción en el sustrato de concreto. Como resultado, los requisitos de preparación a menudo se centran en la eliminación de los contaminantes de la superficie mediante métodos mecánicos, como limpieza con chorro de arena, el uso de agua a alta presión o el cepillado mecánico. Por el contrario, los recubrimientos formadores de película son particularmente sensibles a la solidez y el perfil del sustrato de concreto y a los contaminantes, los cuales pueden afectar la unión, la adherencia y la compatibilidad con la superficie del concreto. El fabricante puede proporcionar técnicas de reparación para solucionar condiciones de superficie inadecuadas o impropias. El incumplimiento de los requisitos de preparación de la superficie del fabricante puede afectar negativamente el rendimiento del sistema de protección, así como la garantía del fabricante, la aceptación del propietario y/o la responsabilidad del instalador.

Existen varios métodos de preparación de superficies y el uso de múltiples métodos puede ser apropiado para lograr el nivel de preparación de superficies adecuado para el sistema de protección seleccionado. Sin embargo, es importante que los métodos seleccionados no produzcan daños en la superficie que puedan ser perjudiciales para el desempeño del sistema de protección.

Una vez finalizada la preparación, se debe evaluar la superficie para confirmar que cumple con los requisitos del fabricante antes de la aplicación del sistema de protección.

Al seleccionar un sistema de protección del concreto, es fundamental comprender tanto la condición del sustrato como los diversos métodos de preparación de la superficie. Es necesaria una evaluación informada de la superficie preparada para lograr una aplicación efectiva y duradera del sistema de protección seleccionado.

Referencias

1. Goodwin, F.R., and Harrer, A., "History of ACI Committee 515, Protective Systems for Concrete," Concrete International, V. 45, No. 7, July 2023, pp. 31-34.
2. ACI Committee 515, "Guide to Selecting Protective Treatments for Concrete (ACI PRC-515.2-13) (Reapproved 2023)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 25 pp.
3. ACI Committee 515, "Guide for Assessment and Surface Preparation for Application of Protection Systems for Concrete (ACI 515.3R-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 20 pp.

Gracias a Ann Harrer, WJE, presidenta del Comité 515 de ACI, Sistemas de protección para concreto; John Fauth, ChemMasters; y Adrienne Larson, WJE, por brindar la respuesta a esta pregunta.

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

Título original en inglés:
Selecting a Protection System

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
de Puerto Rico**



Traductora:
**Nicole Mejía
Borrero**



Revisor Técnico:
**José M. Mejía
Borrero**

Miembros destacados de los Capítulos del ACI en Latinoamérica reciben reconocimientos. Líderes latinoamericanos estarán en Comités Técnicos del ACI en 2024.

Cada año, durante la Convención de Primavera del American Concrete Institute, el ACI otorga diversos reconocimientos a profesionales que en su labor cotidiana han destacado en sus comunidades y en la industria, aportando su talento, dedicación y tiempo para que el uso y el conocimiento del concreto sea mejor cada día.

Así, el ACI nombra miembros Honorarios del propio Instituto, reconocimientos a miembros internacionales, reconocimientos en el área de investigación de materiales, diseño estructural, manejo del concreto, enseñanza del concreto, promoción del concreto, control y aseguramiento de la calidad, liderazgo dentro de los propios Capítulos del ACI y por su entrega hacia las labores del propio Instituto, etc.

Durante la Convención de Primavera de 2024 en Nueva Orleans, Louisiana, varios miembros distinguidos provenientes de los Capítulos Latinoamericanos recibieron reconocimientos a su labor, por lo que en este número de nuestra revista queremos presentárselos a nuestros lectores para contribuir con el ACI Internacional en el reconocimiento a su trabajo y entrega y con ello también exhortarlos a continuar en la labor y el trabajo desinteresado en pro de la industria de la construcción con concreto en Latinoamérica.

Por su compromiso y dedicación, amor al concreto y haber revitalizado el Capítulo ACI de Puerto Rico, su continua labor en pro de la industria en Latinoamérica su valiosa inteligencia y acciones innovadoras más el esfuerzo para lograr que su Capítulo fuese reconocido como Excelente, aunado a su extraordinario desempeño como madre, esposa, profesional y voluntaria del ACI, se entregó el **Reconocimiento a Actividades en los Capítulos (Chapter Activities Award) a Anabel N. Merejildo**, quien es Ingeniera de Transporte que trabaja para Atkins Réalis en



Puerto Rico. Con su esfuerzo y dedicación, ha realizado importantes contribuciones en el campo de los pavimentos de concreto para aeropuertos, inspección y pruebas de laboratorio de materiales para concreto. Su experiencia abarca más de ocho años, durante los cuales se ha destacado como asistente de gerente de proyectos y coordinadora de proyectos. Ha colaborado en proyectos relacionados con la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (USACE) y el transporte. La Ing. Merejildo tiene un profundo conocimiento de las normas y especificaciones de la industria, como la Administración Federal de Aviación (FAA), el Instituto Estadounidense de Materiales de Prueba (ASTM), el “American Concrete Institute” (ACI) y la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO). Después del huracán María, la Ing. Merejildo participó activamente en varios proyectos, junto con FEMA y USACE, destinados a la recuperación y reconstrucción de su país.

Actualmente, Anabel N. Merejildo se desempeña como Presidenta del Capítulo de Puerto Rico del “American Concrete Institute” (ACI). De 2015 a 2017, también fue presidenta del capítulo estudiantil del ACI en la Universidad Politécnica de Puerto Rico, destacando su gran papel de liderazgo y la reiterada dedicación para avanzar en la tecnología del concreto, promoviendo las mejores prácticas dentro de la industria. La Ing. Merejildo es la becaria del ACI “Tribute to the Founders Fellowship” para el período 2023-2024. Además, es miembro asociado de varios comités del ACI, incluidos el Comité 134 de Constructibilidad del Concreto, el Comité 325 de Pavimentos de Concreto, el Comité C610 de Certificación de Técnicos de Campo, el Comité C620 de Certificación de Técnicos de Laboratorio y el Comité C690 de Certificación de Gerentes Técnicos de Calidad del Concreto. Sus intereses de investigación se centran en la construcción de pavimentos de concreto, la inspección y la constructibilidad.

La Ing. Merejildo obtuvo su Bachillerato en Ciencias en Ingeniería Civil (BSCE) de la Universidad Politécnica de Puerto Rico (PUPR) en 2018 y su Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil - Construcción (MSCE) de la misma institución en 2021. Además, completó una Maestría adicional en Gestión de Proyectos (MPM) en la Universidad de Barcelona, España en 2021. Actualmente, esta llevando a cabo su Doctorado en Ingeniería Civil - Transporte en la Universidad de Puerto Rico - Mayagüez.

Por distinguirse como líderes de diversos grupos de trabajo y Comités Técnicos del ACI, podemos destacar, entre otros muchos a:

Ing. Enrique Pasquel



Miembro Honorario de ACI, es el Fundador y presidente de Pasquel Consultores, una empresa consultora enfocada en la tecnología del concreto y procesos especiales de construcción; así como de Control Mix Express, una empresa de control de calidad del concreto, ambas ubicadas en Lima, Perú.

De 1975 a 1981, trabajó como investigador y gerente en los Laboratorios de Estructuras Sísmicas y Ensayos de Materiales del Departamento de Ingeniería de la Universidad Católica del Perú. Desde 1995, Pasquel es profesor de Tecnología del concreto en la Universidad Católica del Perú y en la Universidad Privada de Ciencias Aplicadas de Lima, Perú.

Durante más de 35 años, ha trabajado como investigador, contratista o consultor en importantes proyectos de concreto, como edificios, centrales nucleares, sistemas de riego, aeropuertos, puentes, puertos, reparaciones y restauraciones en Perú.

De 1997 a 2011, fue gerente de investigación y desarrollo en UNICON, la mayor empresa de concreto premezclado de Perú.

El Ing. Pasquel es un ingeniero civil especializado en el campo del Concreto y sus tecnologías afines. Cuenta con una amplia experiencia en el sector, en el que ha desempeñado diversas funciones durante más de cuatro décadas.

Es miembro del Instituto Americano del Concreto (ACI) desde 1993 y fue presidente del Capítulo Peruano del ACI de 2001 a 2005. En 2006, se le concedió el título de Fellow del ACI, y en 2014, se convirtió en Miembro Honorario del ACI. El Ing. Pasquel también recibió la Medalla Henry C. Turner de la ACI en 2006 y el Premio a las Actividades del Capítulo de la ACI en 2007.

El Ing. Pasquel es miembro de los Comités del ACI sobre Concreto Autocompactante (237), Mezclas de Concreto, Transporte y Colocación (304) y Concreto en Clima Caliente (305). También es miembro del Subcomité de Enlace Internacional ACI 318-L y del Subcomité de Traducción al español ACI 318-S.

Además, participa activamente en ASTM International desde 1993, como miembro de varios comités técnicos e instructor certificado de cursos de ASTM en Latinoamérica.

El Ing. Pasquel se tituló en Ingeniería Civil por la Universidad Católica del Perú, San Miguel, Perú, en

1974. También recibió formación en investigación del Concreto en la Universidad Tecnológica de Delft, en Delft, Países Bajos, en 1980.

Por disposición para ayudar a los estudiantes Latinoamericanos podemos destacar la labor de:

Olga Salinas Montfort.



Ingeniero Civil egresada de la Facultad de Ingeniería Civil de la UANL, inició su participación como secretaria del comité del Consejo de Liderazgo Estudiantil ACI S805 en la pasada convención de ACI en Nueva Orleans. El propósito de este comité

es proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para dirigir eficazmente un Capítulo Estudiantil del ACI, desarrollar habilidades para hacer presentaciones y hablar en público, y preparar a los estudiantes para desempeñar funciones de liderazgo dentro de los comités del propio ACI.

Actualmente cursa la Maestría en Ciencias con especialidad en Materiales de Construcción en la UANL, donde realiza una investigación sobre la "Evaluación de Materiales Orgánicos Antioxidantes como Inhibidores de Corrosión en Concreto Reforzado".

Su tesis es dirigida por el Dr. Alejandro Durán Herrera, con la co-supervisión del Dr. Gerardo del Jesús Fajardo San Miguel y la asesoría externa del Dr. Andrés Torres Acosta.

Trabajando inténsamente con los estudiantes y con una gran labor de apoyo para las competencias estudiantiles, destacamos hoy el trabajo de:

Elissa Narro Aguirre.



Ingeniero Civil egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Coahuila, Universidad en la que también cursó un diplomado en Construcción Urbana y otro en Vías Terrestres, así como la maestría en Valuación Inmobiliaria.

Desde 2016 se desempeña como Gerente Administrativa en Concretos Narro.

En abril de 2014 inicio sus actividades como docente en la Universidad Americana del Noreste donde se mantiene hasta la fecha impartiendo los cursos de licenciatura para Arquitectos sobre Resistencia de Materiales, Diseño Estructural y Procedimientos de Construcción.

En 2018 inicio su participación como miembro

de la Sección Noreste de México del ACI, en la cual desde 2020 ha sido la Directora de Capítulos Estudiantiles.

En 2023 recibió el reconocimiento de “Miembro Joven Distinguido” por parte de la Sección Noreste de México del ACI “Por los significativos aportes al amplio cumplimiento de la misión y visión de ACI Internacional en México”

En septiembre del 2022 se llevó a cabo el “Encuentro Nacional de Capítulos Estudiantiles del ACI” en México, (ENACE-ACI) que reúne a estudiantes activos en su Capítulo Estudiantil ACI y que están interesados en carreras relacionadas con la industria de la construcción con concreto. El objetivo es participar en actividades que contribuyan a incrementar su conocimiento sobre la tecnología del concreto y sus avances tecnológicos, así como conocer productos gratuitos de ACI, actividades y beneficios que complementan su formación en las aulas.

“ENACE-ACI 2022” se realizó con gran éxito en las instalaciones de la UANE (Universidad Americana del Noreste) en Saltillo, Coahuila, México, del 7 al 10 de septiembre, 2022 contando con el patrocinio de HOLCIM México y bajo la organización de la Universidad Americana del Noreste (UANE) y el Capítulo Noreste de México del ACI.

Más de 250 estudiantes de diversas regiones de México, representando a más de 25 universidades, participaron en las diferentes actividades, logrando además un récord de 37 equipos de diferentes universidades que compitieron en el concurso de bolas de boliche hechas de concreto reforzado con fibras.

“ENACE-ACI 2022” también incluyó un curso de certificación ACI Técnico en Pruebas al Concreto en Campo GRADO 1 ACI; nueve presentaciones internacionales; una mesa redonda entre el público y los ponentes; tres talleres sobre temas como: Fundamentos del Concreto, Evaluación del Concreto y Ensayos no Destructivos para la Evaluación del Concreto; así como la competencia de bolas de boliche hechas de concreto reforzado con fibras.

Es importante destacar la excelente organización y liderazgo de Elissa Narro Aguirre, que con el apoyo de Alejandro Durán Herrera, FACI, y Ana Laura Cepeda Villanueva, Coordinadora del programa de Arquitectura de la UANE, quienes apoyados en su labor de coordinación lograron un excelente trabajo en equipo para el éxito de este evento.

Desde octubre del 2023 preside el comité S801 “Students Competitions” del American Concrete Institute, y es miembro con derecho a voto de los siguientes comités ACI:

88-00 Student and young professional activities committee.

S802 Teaching methods and educational materials.

WACI-O Women in ACI

Enhorabuena para todos ellos y nuestro reconocimiento a su labor en pro de expandir el conocimiento del concreto en Latinoamérica.



CUSTOMER
PARKING
ONLY
UNAUTHORIZED
VEHICLES WILL BE
TOWED AWAY AT
OWNER'S RISK

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

NO
TRESPASSING