

CONCRETO

LATINOAMÉRICA



VOLUMEN III | NÚMERO 6 | JUNIO 2022

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

Volumen III - Número 6
Junio de 2022

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.

CONTENIDO

Pág.

4

Gestión de proyectos de concreto: Precio del concreto/acero y riesgo de volatilidad en la entrega

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: México Sureste

9

Un panel en voladizo de luz y sombra

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Panamá

13

Hormigón con polímeros reforzados con fibra (PRF) Alrededor del mundo, parte 2

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Ecuador Centro y Sur

22

Memorándum del presidente

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Guatemala

24

Concreto Preguntas y Respuestas: Agua estancada y colocación de concreto

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: México Centro y Sur

COMITÉ EDITORIAL:

Presidente del Comité Editorial:

Ing. Alejandro Miguel Narro Aguirre
Presidente de la Sección Noreste de
México del ACI.(2020-2022)

Editor en Jefe:

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

Editor Asociado:

Dr. Lucio Guillermo López Yépez

Editor Técnico:

Dr. Alejandro Durán Herrera

Traducción:

Anabel Merejildo

Comité de Noticias y Eventos Concreto Latinoamérica

Ing. Jesús Fernando García Arvisu
Ing. Jesús Arturo Angel Mellado

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
LDI. Luis Yerel Romo Valdez

Diseño Gráfico:

LDI. Monserrat Treviño Garza
Alejandro Martínez Sánchez

"Agradecemos el apoyo a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León por la colaboración en el diseño editorial".

Diseño Editorial: Comunicación e Imagen Institucional FIC-UANL

Cualquier asunto relacionado con la publicación contactarse a :

Correo: concretolatam@gmail.com

Tel: +52 81 2146 4907

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 Junio del 2022. 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.

Representantes de los Capítulos ACI de Latinoamérica:

Argentina
Colombia

Costa Rica
Ecuador Centro y Sur
Guatemala

México Noreste
México Noroeste
México Centro y Sur
México Sureste
Panamá
Perú
Puerto Rico

Dr. Raúl Bertero
Dra. Nancy Torres Castellanos
Dr. Fabían Lamus Báez
Ing. Minor Murillo Chacón
Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín
Ing. Luis Alvarez Valencia
Ing. Xiomara Sapón Roldán
Ing. Alejandro M. Narro Aguirre
Ing. Jesús Fernando García Arvizu
Arq. Arturo Rodríguez Jalili
Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala
Ing. Jorge L. Quiróz
Ing. Luciano López Vinatea
Ing. Anabel N. Merejildo



Pabellón Audry Irmás. (Imagen cortesía de OMA, New York. Fotografía de Jason O'Rear)

El reto de crear un edificio e integrarlo a uno existente de estilo Bizantino-Románico y con casi un siglo de antigüedad, dio por resultado el Pabellón Audry Irmás, que se integra de manera sorprendente al Templo de Wilshire Boulevard en Los Angeles, California, Estados Unidos, primera Sinagoga construida en Los Angeles. Esta edificación fue diseñada en parte por la firma OMA con el liderazgo de Shoji Shigematsu y Jake Forster de la oficina global de Nueva York, NY, Estados Unidos. El centro de 5,070 m2 de área está formado por dos trapezoides unidos por un paralelogramo, dando por resultado de esta unión unas superficies inclinadas que le dan características únicas e icónicas. En su construcción y su fachada a base de paneles hexagonales, se utilizó concreto reforzado con fibra de vidrio (GFRC) buscando obtener aligeramiento y resistencia a la vez, para cumplir con los reglamentos sísmicos del sur del Estado de California. Esta obra fue terminada a principios de 2022.



¡Únete Hoy!
Conoce tu capítulo
local ACI

300+ Capítulos profesionales
y estudiantiles
www.concrete.org/chapters



American Concrete Institute
Always advancing

Gestión de proyectos de concreto: Precio del concreto/acero y riesgo de volatilidad en la entrega

Declaración de posición #45

por (Sociedad Estadounidense de Contratistas de concreto)

La industria de la construcción experimenta periódicamente fluctuaciones en el suministro de materiales de construcción de concreto esenciales, incluidos cemento, cenizas volantes, agregados, acero de refuerzo, madera y combustible. Las fluctuaciones de costos pueden incluir impactos de tiempo y dinero debido a fallas en la cadena de suministro, guerras comerciales, aranceles, desastres naturales, pandemias y regulaciones gubernamentales y ambientales. Los factores de mercado impredecible e inestable están fuera del control del contratista de concreto y dificultan mantener los costos y los cronogramas razonablemente previstos en el momento de la licitación.

Gestión proactiva de riesgos

Siempre que sea posible, la participación temprana del contratista de concreto y sus principales proveedores de productos durante el diseño del proyecto donde se puede optimizar la capacidad del equipo de diseño y construcción del propietario para gestionar la cadena de suministro de materiales.

El diálogo temprano sobre los niveles de precios, así como también los pedidos de las plantas, la disponibilidad de mecanismos de bloqueo de precios y las proyecciones de fechas de entrega puede maximizar los beneficios para el propietario y ayudar a minimizar el riesgo del proyecto.

También es posible cotizar la cantidad y el costo de algunos materiales como asignaciones. De acuerdo con el Documento AIA A201®-2017, "Condiciones Generales del Contrato de Construcción", § 3.8.2.3, siempre que los costos sean mayores o menores que las asignaciones, el monto del contrato se ajusta en consecuencia.

Establecer hitos de cronograma de proyecto oportuno y preciso es fundamental para administrar los costos de suministros, mano de obra y materiales. Para mantener el cronograma original del proyecto, las decisiones de producto oportunas por parte del propietario y el equipo de diseño y un proceso simplificado de presentación y aprobación son obligatorios para ayudar al contratista a realizar compras tempranas efectivas para minimizar el riesgo de aumentos de precios y demoras.

El documento AIA A201-2017, § 9.3.2, prevé el pago "de materiales y equipos entregados y almacenados adecuadamente en el sitio". Además: "Si el Propietario lo aprueba con anticipación, el pago de materiales y equipos se puede realizar de manera similar fuera del sitio en un lugar acordado por escrito". La compra de materiales al inicio del proyecto protege tanto al propietario como al contratista de los aumentos de costos y la escasez de suministros.

Estas disposiciones de AIA permiten la compra anticipada y el pago de materiales y equipos almacenados tanto dentro como fuera del sitio.

Las “emergencias” declaradas por los gobernadores estatales también invocarían una cláusula en el documento AIA A201-2017, § 10.4, que prevé “compensación adicional o prórroga del tiempo reclamada por el contratista a causa de una emergencia.

La práctica de la industria reconoce retrasos fuera del control del contratista

El documento AIA A201-2017, § 8.3.1, establece que si el contratista se retrasa en cualquier momento en el inicio o progreso del trabajo por causas fuera del control del contratista, y el arquitecto determina el retraso se justifica, entonces el tiempo del contrato se extenderá por un tiempo razonable que el arquitecto determine. Dos elementos citados en esta sección son “retraso inusual en las entregas” y “víctimas inevitables”. Estos artículos se relacionan específicamente con los desafíos de entrega y transporte de concreto y refuerzo en la industria de concreto premezclado con escasez de conductores. Por lo tanto, el Documento AIA A201-2017 prevé un ajuste equitativo por demoras y extensiones de tiempo por “causas fuera del control del Contratista”.

Proporcionar ajustes de precios equitativos en el lenguaje del contrato

-Considere el lenguaje del contrato para distribuir equitativamente el riesgo compartido entre todas las partes. ASCC recomienda agregar lenguaje contractual para abordar estos problemas. A continuación se muestra un ejemplo. Se proporciona para iniciar la discusión y la negociación y no debe interpretarse como asesoramiento legal. La ASCC recomienda que los contratistas contraten asesoría legal para desarrollar o revisar el lenguaje del contrato apropiado para sus proyectos. Una posible cláusula de lenguaje del contrato podría ser:

(Cliente / Contratista / Propietario) reconoce que los precios de los materiales pueden fluctuar inesperadamente, y el Subcontratista no tiene control sobre dichas fluctuaciones de precios de los materiales. El subcontratista ordenará cantidades de materiales para el trabajo y se le pagará por todos los materiales almacenados para usar en el trabajo. El subcontratista deberá almacenar los materiales específicamente identificados para el trabajo de la manera acordada por (Cliente / Contratista / Propietario), y todos los costos de almacenamiento se reembolsarán al Subcontratista como costo del trabajo.

Si los costos de materiales del Subcontratista aumentan, el Subcontratista tendrá derecho a una orden de cambio por estos aumentos de costos.

De acuerdo con el Documento AIA 201-17, § 7.3.8, es habitual que los cambios deductivos sean el costo neto real, sin incluir los gastos generales y las ganancias. Los contratistas de concreto de ASCC evaluarán las condiciones del mercado, evaluarán el suministro actual de productos, analizarán las cotizaciones de los proveedores y trabajarán junto al contratista general o el gerente de construcción para ayudar a minimizar el riesgo del propietario y entregar un proyecto de concreto exitoso. Lograr este objetivo requiere la cooperación entre diseñadores, contratistas de concreto, contratistas generales y propietarios. Si no se aborda este riesgo, los contratistas incorporarán contingencias en sus ofertas, lo que probablemente aumente los costos del propietario y la posibilidad de disputas innecesarias durante el proyecto.

Si tiene preguntas, comuníquese con su contratista de concreto de ASCC o con la línea directa técnica de ASCC +1.800.331.0668.



Reconocimiento

ASCC reconoce el aporte y la revisión del Ex Presidente de ACI, Jeffrey Coleman, Director Ejecutivo y abogado de Coleman & Erickson, LLC, Minneapolis, MN, EE. UU.

Esta declaración de posición de la Sociedad Estadounidense de Contratistas de Concreto se presenta para el interés de los lectores por parte de los editores. Las opiniones expresadas no son necesariamente las del American Concrete Institute. Se invita al lector a comentar.

American Society of Concrete Contractors
2025 S. Brentwood Blvd., Suite 105 St. Louis,
MO 63144 Telephone: +1.314.962.0210; Fax:
+1.314.968.4367 Website: www.ascconline.org;
Email: ascc@ascconline.org

La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo de
México Sureste

*Título: Gestión de proyectos de concreto:
Precio del concreto/acero y riesgo de
volatilidad en la entrega*



Traductor:
Mtra. Claudia Beatriz
Rodríguez Poot



Revisor Técnico:
Mtro. Josseph Eli
Mandujano Zavala

Un panel en voladizo de luz y sombra

El pabellon Audrey Irmas presenta una fachada de CRFV que juega con ángulos y luz.

por Deborah R. Huso

Con casi un siglo de edad, el templo del Boulevard Wilshire fue la primera sinagoga construida en Los Angeles, CA, USA. Cuando la congregación del templo se propuso establecer un nuevo centro comunitario en 2015, uno de los retos era crear una edificación que complementara, tanto el existente estilo icónico de templo Bizantino Romanesco y tuviese su propia identidad como ancla cívica para la más antigua congregación judía en Los Angeles.

El resultado es el recientemente terminado Pabellon Audrey Irmas, Nombrado en honor al feligrés que realizó una donación de \$30 millones para lanzar el Proyecto. Una estructura llamativa por si misma, el pabellon, con su fachada única de cientos de ventanales abiertos, literalmente se inclina en deferencia al templo de 1929 al cual sirve a la vez que se inclina hacia el Boulevard Wilshire para invitar al público (Fig 1).



Figura. 1: Pabellon Audrey Irmas (imagen cortesía de OMA New York, fotografía por Jason O'Rear)

Diseñado en parte por OMA y liderado por el socio Shohei Shigematsu y el socio Jake Forster de la oficina global activa en New York, NY, USA, la masa de los 5070 m² (54,600 pies²) del pabellón Audrey Irmas esta formada por dos trapecios unidos por paralelogramos, resultando en un diseño con pendiente único. Combinado con un generoso ventanaje, esta forma permite que el interior se pueda llenar con luz natural interior, creando un contemporáneo, pero a la vez complementario, espacio comunitario para el adyacente, templo histórico de estilo renovado Bizantino (Fig. 2)

“Imaginamos la relación entre el templo y el nuevo (pabellón) y queríamos cuidadosamente balancearlos”, mencionó Foster, el Arquitecto del Proyecto del templo y Asociado a cargo por parte de OMA. “El edificio existente posee una presencia icónica, y no queríamos competir con ella. Deseábamos encontrar (una manera) de complementarla y proporcionar una nueva perspectiva”.



Figura. 2: El diseño inclinado aumenta la luz natural interior del edificio (imágenes cortesía de OMA New York, fotografía por Jason O'Rear)

Un diseño que hace reverencia y enmarca la Historia.

Una edificación de 3 niveles y que consiste en espacios apilados, ambas ofrecen vistas llamativas (como el domo del templo) y gentilmente filtran luz hacia su interior, el pabellón crea una retroalimentación entre los dos edificios. Con la capilla del Segundo piso del Pabellón delineando el domo del templo a través de una amplia abertura de ventana

(Fig. 3), el diseño de la estructura permite apreciar el domo desde el nivel del suelo, lo cual genera “una relación seductora con el domo”, según Foster, “pero también un panorama no usual del domo desde un nivel alto”.

El equipo de diseño en OMA, en colaboración con Gruen Associates con base en Los Angeles como arquitectos ejecutivos, iniciaron con una simple forma de caja inclinada dramáticamente lejana del templo en el norte, para respetuosamente rendir homenaje a la estructura original histórica a la que sirve y también generar una invitación a los transeúntes del Boulevard Wilshire, en tanto el edificio se encuentra en voladizo hacia la calle. La inclinación hacia atrás del lado norte del Pabellón, también dirige luz hacia el patio que se encuentra entre el templo y el Pabellón.

La fachada del Pabellón complementa la geometría del domo interior del templo adyacente, que se extiende unos impresionantes 30 m (100 pies) y esta estampado como el Panteón en Roma, con unos dramáticos patrones de hexágonos interconectados. El exterior presenta 1230 paneles hexagonales de concreto reforzado con fibra de vidrio (CRFV) en un patrón de rompecabezas, acentuado con varias ventanas anguladas y una aparentemente moteada fachada con colores y patrones que cambian con la cambiante luz del sol (Fig. 4)

Forster dijo que lo “abstracto” del pabellón lo conecta con el templo y sus patrones judíos de hexágonos y triángulos, mientras también refleja el diseño del domo interior del templo.

“No queríamos ser abiertamente explícitos con el” comentó, añadir esos hexágonos también ofrecen una geometría inherentemente flexible. “El

hexágono es una forma útil por que puedes rotarlo con indiferencia”. Podríamos crear una fachada que permitiera una multiplicidad de orientaciones para ventanas que crearan alineamientos interesantes entre el interior y el exterior [del edificio].”

Dinamismo Modular

Los paneles hexagonales que conforman la fachada del Pabellon Audrey Irmas Pavilion son de aproximadamente 2 m (6 pies) de extremo a extremo por 1.5 m (5 pies 3 plg.). Algunos paneles presentan ventanas que miden 1 x 0.5 m (3 x 2 pies), mientras otras presentan rellenos como las persinas requeridas para ventilación mecánica o cristales oscuros. De acuerdo a Forster, el modulo de panel hexagonal fue diseñado en cierto grado para integrar las necesidades técnicas del edificio.

OMA escogió el CRFV para tratar con la necesidad de una superficie monolítica que fuese tanto liviana como resistente, en parte para cumplir con los requerimientos sísmicos de su ubicación en el Sur de California.

“El CRFV posee las cualidades del concreto—los agregados expuestos—para crear una sensación de materialidad del panel por si mismo,” comentó Forster, resaltando la textura acanalada de los paneles hexagonales, de igual forma. A la vez que los paneles tienen los mismos colores y patrones, los paneles adyacentes han sido rotados para generar la fachada dinámica del edificio (Fig. 4).

El acanalado esta orientado en dirección paralela a las ventanas, así que, a medida que los paneles rotan, esas superficies acanaladas rotan también, estableciendo un juego de luces llamativo a medida que la luz del sol ilumina su corrugación en diferentes maneras. Más aun, el agregado expuesto resalta la textura de la fachada.

Los paneles fueron construidos utilizando moldes de fibra de vidrio de formas hexagonales en los cuales fue vaciado el CRFV. Stromberg Architectural Products

en Greenville, TX, USA, confeccionó los paneles utilizando una máquina de control numérico por computadora (CNC) para esculpir los modelos de paneles en espuma. Luego los modelos, eran terminados a mano con un revestimiento de yeso. De estos modelos, Stromberg luego confeccionó moldes hechos de fibra de vidrio y caucho de silicona.

De acuerdo con Lyndon Stromberg, Presidente de Stromberg Architectural Products, refinar de diseño del panel fue un proceso de múltiples interacciones a medida que el equipo exploraba distintas versiones de color, textura, costillas, agregados y rellenos de paneles. El acabado de agregados expuestos de los paneles esta hecho de pequeñas piezas de mármol y caliza, que fueron colocadas en los moldes antes de vaciar el CRFV. El color de los paneles (diseñado para complementar el color de la fachada del templo adyacente) fue logrado a través de una mezcla de cemento Portland blanco con un agregado fino.

Luego de que se vacio el CRFV en los moldes, marcos galvanizados de metal fueron colocados en la parte posterior de los paneles y los paneles eran curados durante toda la noche. Al día siguiente, los paneles eran removidos de los moldes y eran sometidos a chorros de agua a presión para exponer los agregados de mármol y caliza. Luego, los paneles se dejaban curar y endurecer por otra semana. Stromberg mencionó que su fábrica podía fabricar 38 de los 1230 paneles en un día.

Agrupados según el área del Pabellon a donde serían fijados, los paneles eran embalados en paletas y colocados en mesas de camiones para su viaje de 1500 millas (2412 km) hasta el Sur de California. Notablemente, de acuerdo a Stromberg, ni un solo panel fue dañado durante el transporte hacia el sitio de construcción.

Instalación de los paneles Hexagonales de CRF

Mientras tanto en el sitio de construcción, MATT Construction, el Contratista General basado en Los Angeles se encontraba terminando el núcleo estructural del Pabellón, estableciendo las aberturas para ventanas e instalando las mismas. Luego, se procedía con una cubierta de flashing líquido de silicona, a través del cual el equipo atornillaba grapas Z unidas a la subestructura de tubos de acero del edificio o a los 12 a 16 pernos.

Cada panel hexagonal presenta un marco de acero galvanizado en su parte posterior y una serie de pestañas empotradas en los lados que son apernadas a grapas Z. Cada panel fue individualmente marcado para indicar en que sitio del edificio debería ser instalado.

Los paneles pesan de 225 a 400 lb (102 a 181 kg) cada uno, de acuerdo al superintendente sénior de MATT Construction Bill Fisher. “Contamos con un topógrafo que levantó cada esquina de los paneles y los marcó para asegurar un espaciado adecuado y separación”, el explicó. “Fue como armar un rompecabezas.”

Fisher dijo que el plan original era el de instalar los paneles con un sistema de andamiaje, tal cual lo habían hecho con la subestructura y las grapas Z, “pero cuando llegó la hora de cargar los andamios con los paneles de CRFV, no funcionó tan bien como se habían anticipado”.

Tal cual lo sugirió el instalador PCI de GFRC, el equipo del edificio e instalación removió el andamiaje y en su lugar utilizaron elevadores aéreos de largo alcance de 41 m (125 pies) para dos personas, para instalar los paneles. Cada elevador tenía una plataforma que mantenía los paneles en posición mientras una cuadrilla los instalaba uno por uno.



Figura. 3: El segundo piso de la capilla del pabellón delinea el como por “La capilla del pabellón del segundo piso delinea el domo del templo” (imagen cortesía de OMA New York, fotografía por Jason O’Rear)

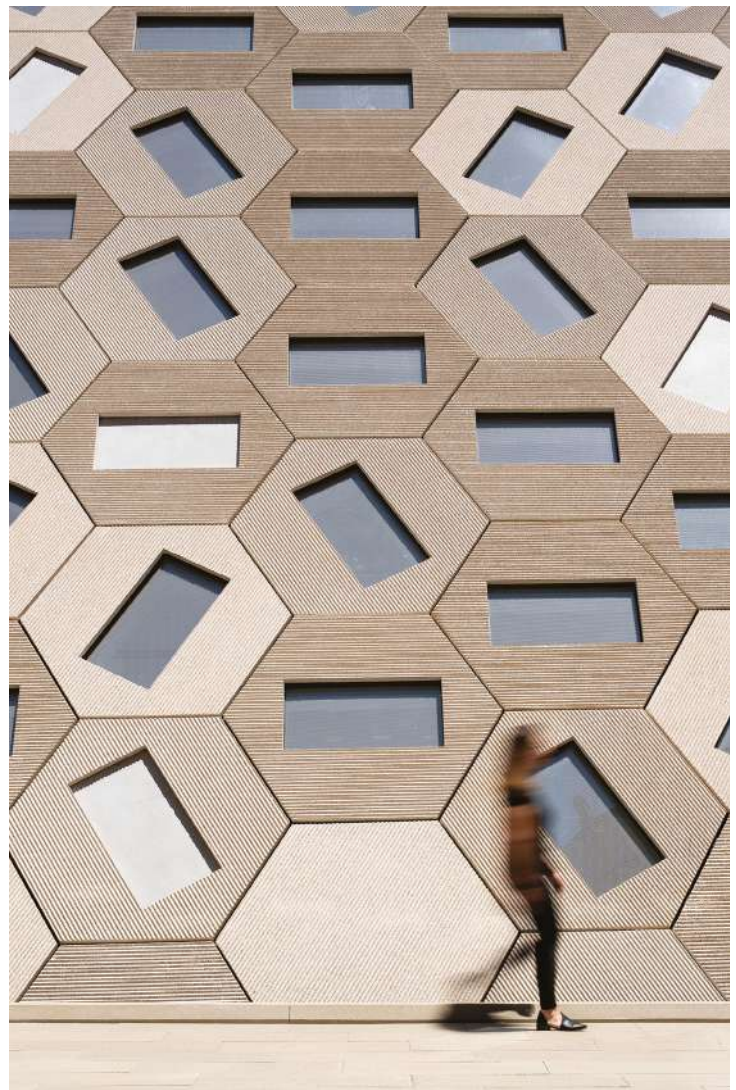


Figura. 4: Ventanas rectangulares en paneles hexagonales de CRFV adyacentes fueron rotados para crear una fachada dinámica del edificio. (imagen cortesía de OMA New York, fotografía por Jason O’Rear)

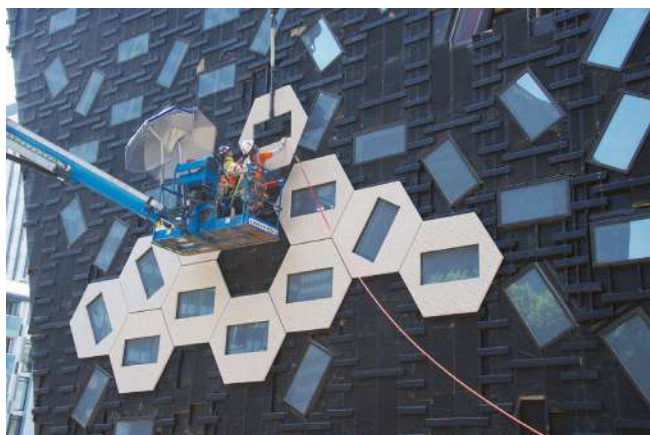


Figura. 5: Instalación de paneles de CRFV (fotos cortesía de Gary Leonard)

“Dependiendo de donde se encontraban los paneles, tomaban de 20 a 90 minutos en instalar cada panel”, dijo Fisher, contando con 2 o 3 cuadrillas trabajando a la vez (Fig. 5).

Afrontando Inquietudes Sísmicas

El edificio está localizado en una región de alta actividad sísmica, lo que significa que la estructura debe absorber el movimiento. “Esto fue más desafiante”, explicó Matt Williams, un Director Asociado de Façade Engineering en Arup, una firma global de consultoría ambiental. “En California, tenemos requerimientos sísmicos y las fachadas hexagonales no son la norma. En un terremoto, nada puede caerse del edificio”.

Los ingenieros tuvieron que permitir el movimiento entre los paneles de manera que ni dos paneles pudiesen golpearse uno a otro en el evento de un sismo y pudiesen levantarse, quebrarse o caer.

Hexágonos intercalados no proveen una única línea horizontal necesaria para una junta sísmica. “En teoría, sin esa línea recta de movimiento para fisuramiento (la actividad sísmica) quebraría los paneles para crear una línea recta” dijo Williams.

Otro reto fue el diseño del pabellon, el cual resultó en superficies con pendientes en múltiples direcciones. En un evento sísmico significativo, el edificio puede moverse hasta 150 mm (6 plgs.) entre la parte superior de la fachada y los puntos inferiores de acoplamiento. “Tuvimos realmente que estudiar que tanto se movería el edificio”, añadió Williams, resaltando la necesidad de su equipo de planear grandes cortes como el de la ventana del segundo nivel que enmarca el domo del templo adyacente y los tres niveles de la gran escalera interior en donde la fachada del edificio se extiende tres pisos.

Para afrontar estos desafíos, OMA y Arup proveyeron dos juntas sísmicas que se despliegan a lo largo de la estructura en líneas horizontales y que bisectan los paneles hexagonales. De acuerdo a Forster, esto requirió de mucha coreografía para integrar estas juntas al modelo de los hexágonos de manera que las juntas cruzaran en la misma dirección que la textura acanalada de los paneles en sí, de este modo se ocultan las juntas.

Completado a inicios del 2022, El pabellón inclinado Audrey Irmas, con su fachada similar a un panel, tuvo un costo de diseño y construcción de \$95 millones y es lo que Shohei Shigematsu, socio a cargo de la estructura por parte de OMA, ha repetida y acertadamente llamado “una máquina para reuniones”.

Williams mencionó que el pabellon fue su primera experiencia trabajando con paneles de fachada hexagonales. “Te das cuenta del impacto que algo tan simple como una forma puede tener”, el comenta, pues considera que su firma trabajo en la estructura. “No es una fachada compleja, pero su diseño e instalación reforzó el hecho, de que todo el mundo tenía que trabajar en equipo y de manera muy cercana”.



Deborah R. Huso es Director Creativa y Socio Fundador de WWM, Charlottesville, VA, USA. Ella ha escrito para una variedad de publicaciones de comercio y consumo, tales como Precast Solutions, U.S. News & World Report, Concrete Construction, and Construction Business Owner. Ha proveído desarrollo de sitios web y contenido estratégico para varias compañías del Fortune 500 companies, incluyendo Norfolk Southern y GE.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Panamá

Título: Un panel en voladizo de luz y sombra



*Traductor y Revisor Técnico:
Ing. Julio Davis.MBA.*

Hormigón con polímeros reforzados con fibra (PRF) Alrededor del mundo, parte 2

*Iniciativas para la aceptación y correcta implementación
Australia, Japón y Federación de Rusia.*

Este artículo, en su segunda parte, ofrece un panorama de las actividades destinadas a poner a disposición de la industria mundial de la construcción, la tecnología de los polímeros reforzados con fibras (FRP), para estructuras de hormigón. Esta secuencia está financiada por NEx: An ACI Center of Excellence for Nonmetallic Building Materials (www.nonmetallic.org) y fue coordinado por Antoni Nanni, de la Universidad de Miami, Coral Gables, FL. USA. Los autores representan a los países contemplados en cada artículo. Para la segunda parte, incluyen:

Australia: Allan Manolo;

Japan: Hiroschi Mutsuyoshi, Naoki Nagamoto y Makoto Murata; y

Federación de Rusia: Andry E. Lapshinov and Egor Litvinov.

Australia

El uso de barras de plástico reforzado con fibra de vidrio como refuerzo interno en estructuras de hormigón, donde la corrosión del acero es una de las principales preocupaciones, ha ganado cada vez más aceptación gracias a los esfuerzos de investigación y desarrollo de los últimos 10 años. Estos avances también han dado lugar a múltiples aplicaciones de campo de los polímeros reforzados con fibra de vidrio (PRFV) en estructuras de hormigón, lo que demuestra la creciente confianza de esta tecnología en Australia. Las barras de PRFV se han utilizado principalmente como refuerzo

en estructuras de hormigón expuestas a duras condiciones ambientales. Además, alrededor del 20% del mercado se destina a aplicaciones eléctricas y magnéticas no conductoras, como los bucles de señales ferroviarias, las instalaciones de resonancia magnética (MRI) y los edificios de investigación nuclear. Ejemplos de aplicaciones recientes es la construcción que utiliza cemento para el muelle de Pikenba en Brisbane, que considera la mayor cantidad de barras PRFV utilizadas en Australia, en una sola aplicación (esto es, 305.000 m [1 millón de pies] de barras de 16, 19 y 22 mm de diámetro [nº 5, 6 y 7]).

Las barras de PRFV se utilizaron en la construcción del edificio Molecular Horizons de la Universidad de Wollongong, que requiere neutralidad electromagnética en sus equipos eléctricos para investigaciones que requieren cuidado por su alta sensibilidad. En este proyecto se utilizó un total de 100.000m de barras de PRFV en pilotes de 14m de profundidad, así mismo se utilizó en encepados, losas a nivel del terreno, columnas, muros hasta el segundo piso y en la losa suspendida del primer piso. El uso de las barras PRFV están direccionadas para; infraestructuras marinas, prefabricados de hormigón que van a estar expuestas a entornos agresivos, y donde requieran neutralidad eléctrica. Por ejemplo, un programa de colaboración entre la Universidad del Sur de Queensland y el Departamento de Transporte y Carreteras de Queensland está explorando los beneficios de las barras

de PRFV en la navegación y la infraestructura marina. Este programa colaborativo tiene como resultado la aprobación de prefabricados de PRFV reforzados con concreto (RC) para la elaboración de rampas para barcos (tipo RG4000 PRF) en el estado de Queensland¹. Se estima que, entre 2012 y 2018, hubo más de 2,5 millones de metros lineales de barras de PRFV instaladas en proyectos de construcción en toda Australia. En general, el valor del mercado de las barras de PRFV para el año 2017, fue de unos 5,0 millones de dólares australianos, y se prevé que aumente un 13% por año.²

Diseño

El Código de Construcción de Australia³ admite el uso de códigos internacionales para el refuerzo de FRP bajo la disposición de soluciones de diseño alternativas. Por lo tanto, los ingenieros y propietarios de activos en Australia se han remitido a los códigos y directrices internacionales (ISO 10406-1:2015,⁴ ACI 440.6-08(22),⁵ ASTM D7957/D7957M-17,⁶ CSA S806-12 (R2017)⁷ y CSA S807:19⁸), para los ensayos de materiales y la cualificación de las barras de PRFV, así como el diseño y la construcción de proyectos de infraestructuras con barras de PRFV. Estas normas y directrices internacionales se utilizan en el diseño y la construcción de la mayoría de los proyectos, con referencia a las normas de carga y pautas de diseño australianas.

Adquisiciones

La mayoría de las barras de PRFV disponibles en el mercado australiano son importadas. Estas barras son distribuidas por varios proveedores a los contratistas y, a veces, directamente a los propietarios de los proyectos. Estas barras de PRFV disponibles en el mercado son barras macizas circulares o redondas fabricadas según la norma ASTM D7957/ D7957M-17 y CSA S807:19. Del mismo modo, las barras de PRFV están disponibles en diámetros nominales que van de 3 a 40 mm (de 0,1 a 1,6 pulgadas), que son tamaños estándar en las normas ASTM y CSA.

Recursos técnicos adicionales

Curso disponible: Sistemas de polímeros reforzados con fibra (FRP) para reforzar estructuras (serie de tres partes)

Curso disponible: Diseño y construcción con Barra de polímero reforzado con fibra (FRP) (serie de dos partes)

Curso disponible: Aplicaciones de campo de los métodos no convencionales de refuerzo y consolidación para puentes y estructuras

Visita: www.concrete.org/education/aciuniversity.aspx.

Sin embargo, la mayoría de las barras investigadas y utilizadas tienen diámetros que van de 6 a 25 mm (nº 2 a 8).

Además, la mayoría de las barras de FRP utilizadas en proyectos e investigadas por diferentes universidades en Australia están hechas de fibras de vidrio electrónicas y resina de éster de vinilo, y ahora se están introduciendo barras de PRF de basalto (BFRP).

Garantía de calidad (ámbito de aceptación)

Un problema importante en Australia es cómo garantizar la calidad de las barras de PRFV disponibles en el mercado. La revisión de la práctica actual realizada por Manalo et al.² mostró que el mercado de PRF es diverso. Aunque estos productos se comercializan como si fueran iguales, las propiedades de las barras de PRFV tienden a variar significativamente, dependiendo del fabricante y de los tipos de barras. Sin embargo, es importante que las barras disponibles en Australia tengan características que cumplan los límites de CSA S807:19 y ASTM D7957/D7957M-17, para asegurar a los ingenieros y propietarios de proyectos la calidad de las barras de FRP que están utilizando. La evaluación de la práctica actual proporcionó una decisión basada en la información para la organización de normas en Australia (Standards Australia) sobre el desarrollo de una norma o especificaciones para garantizar la calidad de las barras de FRP. En la actualidad, el comité técnico de Standards Australia BD-108, Fibre-Reinforced Polymer Composite Bars, está desarrollando las especificaciones de materiales

para las barras de FRP con el fin de garantizar la calidad estructural y el grado de las barras para su uso como refuerzo interno de los componentes de hormigón en las estructuras.

Esta norma de materiales proporcionará los requisitos mínimos de las características geométricas, materiales, físicas, mecánicas y de durabilidad de las barras de PRFV para garantizar su uso eficaz como refuerzo interno en las estructuras de hormigón. Al mismo tiempo, los miembros del comité técnico BD-002 de Standards Australia, Estructuras de hormigón, están trabajando para incluir el diseño de estructuras de hormigón con barras de PRFV. Estas iniciativas ofrecerán la oportunidad de liderar e influir en el uso efectivo de las barras de PRFV como material de refuerzo alternativo en las infraestructuras civiles australianas.

Mientras tanto, el Ministerio de Transporte de Nueva Gales del Sur ha publicado recientemente una guía técnica sobre el diseño de pavimentos de hormigón armado continuo con barras de GFRP en los circuitos de tráfico. Y el Departamento de Transportes y Carreteras de Queensland ha redactado una especificación técnica para el suministro, la fabricación y la colocación de barras de refuerzo de PRFV, abierto a debate público. Estas guías y especificaciones técnicas permiten a las empresas de transporte empezar a especificar el uso de barras de PRFV en sus proyectos de infraestructura hasta la aprobación y publicación de la especificación de las normas de Australia.

Japón

Con las ventajas de no oxidarse, ser muy resistente y ligero, el FRP producido por impregnación de fibras de carbono, aramida, vidrio o basalto con resina ha atraído la atención como refuerzo alternativo a las barras de acero y al acero de pretensado. El puente de Shinmiya (con una longitud de vano de 6,1 m) se construyó en 1988 como el primer puente del mundo en el que se utilizó FRP de carbono (CFRP) para los tendones de pretensado. La Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles (JSCE) publicó en 1996 la "Recomendación para el diseño y la construcción de estructuras de hormigón con materiales de refuerzo de fibra continua"⁹

La recomendación de la JSCE fue el primer conjunto de directrices del mundo que estipulaba el diseño, la construcción y los métodos de prueba para aplicar el FRP a las estructuras de hormigón. Sin embargo, no ha sido revisado y sigue en uso. Recientemente, el Instituto Japonés de Hormigón Pretensado (JPCI) estableció nuevas recomendaciones.¹⁰ El nuevo documento está tanto en japonés como en inglés, e incorpora los últimos resultados de la investigación sobre la base de la recomendación del JSCE.

Recomendaciones para diseño y construcción

Las recomendaciones del JPCI se aplican al diseño, la construcción y el mantenimiento de estructuras de CR y de hormigón pretensado (PC) que utilizan FRP como refuerzo o tendones de pretensado. Los tipos de PRF incluyen varillas de fibra de carbono, aramida o basalto impregnadas de resina. Con el fin de proporcionar a los diseñadores, contratistas y clientes información útil, la recomendación del JPCI incluye materiales de referencia sobre (a) el diseño de prueba de los puentes que utilizan PRF y un ejemplo de cálculo de los costes del ciclo de vida; (b) las normas de calidad y los métodos de prueba de rendimiento para los materiales PRF; y (c) las características detalladas de los materiales, los detalles estructurales y los ejemplos de aplicación para cada material de barras PRF discutido en el texto principal del documento. En el cuadro 1 figuran los títulos de los capítulos.

El **capítulo 1** incluye el ámbito de aplicación, el principio básico de diseño, los requisitos para las estructuras, la definición de términos, la notación y las normas relacionadas. El ámbito de aplicación de la recomendación del JPCI incluye las estructuras de hormigón con barras de refuerzo y acero de pretensado sustituidas total o parcialmente por FRP, como es el caso de la recomendación del JSCE.

El **capítulo 2** incluye los conceptos básicos de diseño, construcción, mantenimiento, vida útil de diseño y métodos de verificación del rendimiento de acuerdo con las normas de nivel superior.¹¹

El **capítulo 3** presenta las disposiciones básicas relacionadas con los materiales necesarios para garantizar el rendimiento requerido de las estructuras de hormigón; los métodos de ensayo para establecer las características mecánicas de los FRP, como la resistencia, el módulo de Young y el índice de relajación; y los valores de diseño de los respectivos materiales FRP. Dado que el FRP es un material compuesto formado por fibras como materiales del núcleo y polímero (resina), el capítulo 3 también explica que cuando el FRP se expone a altas temperaturas existe la posibilidad de que se reduzca la adherencia debido al ablandamiento del polímero.

El **capítulo 4** presenta los tipos y combinaciones de acciones que se pueden establecer en cada estado límite.

En el **capítulo 5** se estipulan los elementos sujetos a la verificación del rendimiento y los análisis estructurales que deben realizarse.

El **capítulo 6** describe los métodos para verificar la seguridad de las estructuras de hormigón con armadura PRF frente al momento de flexión, el esfuerzo cortante y la torsión en un estado límite último.

En el **capítulo 7** se describen los métodos de verificación del rendimiento para la seguridad de las estructuras de hormigón con armadura de PRF frente a tensiones, grietas, desplazamientos, deformaciones y vibraciones en un estado límite de servicio. En cuanto a las fisuras, a diferencia de la armadura de acero, la armadura de PRF no tiene problemas de corrosión por infiltración de humedad o cloruros.

Por lo tanto, la recomendación del JPCI estipula los valores límite de la anchura de las grietas teniendo en cuenta el aspecto exterior y la estanqueidad con referencia a las últimas normas internacionales. Hay que tener en cuenta que, dado que el PRF tiene un módulo de Young menor que el del acero, las estructuras de hormigón

que utilicen refuerzos de PRF pueden tener grandes deformaciones si no hay suficiente refuerzo.

En el **capítulo 8** se describen los métodos de verificación del rendimiento para la seguridad de las estructuras de hormigón con armadura PRF en un estado límite de fatiga. El uso de PRF como cables externos para reforzar estructuras de hormigón existentes o nuevas requiere la verificación de la durabilidad a través de ensayos de fatiga asumiendo una tensión variable en los tendones en las secciones de anclaje porque la resistencia a la fatiga en las secciones de anclaje es menor que la resistencia a la fatiga del PRF en general. Además, la recomendación del JPCI requiere la confirmación de la seguridad contra la fatiga por rozamiento del refuerzo de PRFV en las secciones deformadas, donde pueden producirse tensiones de contacto y movimientos laterales.

Tabla 1: Índice de la recomendación de la JPCI10

Capítulo	Título
1	Disposiciones
2	Puntos básicos para el diseño, la construcción y el mantenimiento
3	Materiales
4	Acciones
5	Verificación de resultados
6	Estado del límite final
7	Estado límite de servicio
8	Estado límite de fatiga
9	Durabilidad
10	Diseño sísmico
11	Detalles estructurales
12	Construcción
13	Mantenimiento
Ref. 1	Ejemplos de diseño de pruebas
Ref. 2	Normas de calidad y métodos de ensayo
Ref. 3	Datos prácticos sobre los PRFV

En el **capítulo 9** se especifican los requisitos de los exámenes de durabilidad. El capítulo presenta el agua, el ambiente alcalino y la radiación ultravioleta como factores que

generalmente afectan a la durabilidad del refuerzo de PRF. Es probable que la resistencia a la tracción del PRF se reduzca si se expone durante mucho tiempo a un entorno alcalino bajo altas temperaturas. Por lo tanto, la recomendación del JPCI exige que las estructuras de hormigón se diseñen teniendo en cuenta la tasa de retención de la resistencia a la tracción del refuerzo de PRF.

En el capítulo 11 se describen los detalles estructurales, como el recubrimiento de hormigón, las cantidades de acero requeridas, la disposición, las formas y los anclajes necesarios para el diseño de estructuras de hormigón utilizando PRF como refuerzo o tendones. Cuando se utilizan barras de PRF dobladas como alternativa a las barras de acero, como se muestra en la Fig. 1, es necesario examinar la posible reducción de la resistencia en las curvas. Dado que se ha confirmado que las partes dobladas de los tendones de PRF son más débiles, es necesario verificar la seguridad mediante experimentos, como se muestra en la Fig. 2.

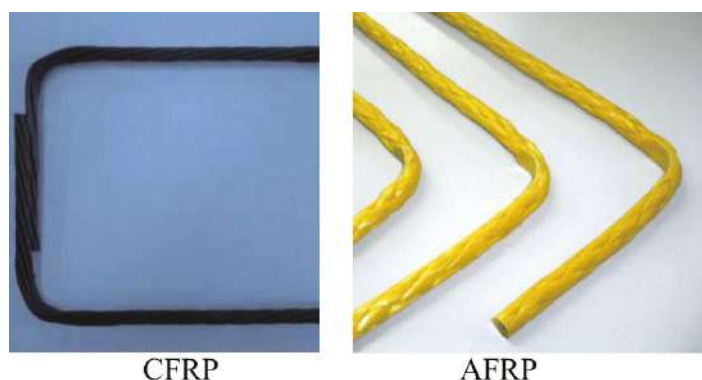


Figura. 1: Ejemplo de flexión y moldeo de FRP de carbono y aramida (CFRP y AFRP, respectivamente)

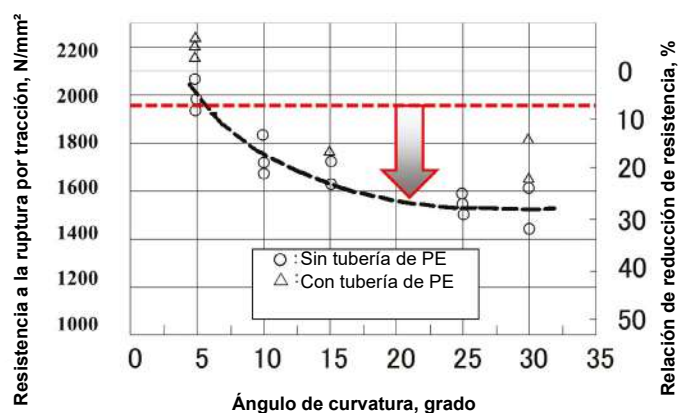


Figura. 2: Relación entre el ángulo de curvatura y la resistencia a la tracción de refuerzo de PRFC.

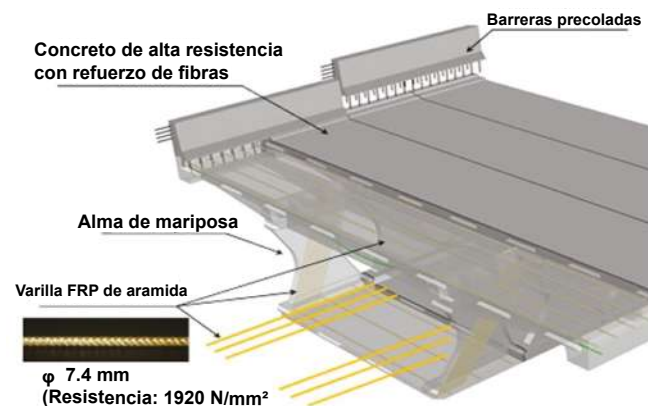


Figura. 3: Concepto de puente no metálico (Nota: $1 \text{ mm} = 0.04 \text{ in.}$; $1 \text{ N/mm}^2 = 145 \text{ psi}$)

Las referencias abordan lo siguiente:

- Se introducen los diseños de prueba y los costos del ciclo de vida de los puentes de PC para los puentes que incorporan FRP como tendones de pretensado. Se realizan diseños de prueba para: (a) una losa de PC utilizando FRP de aramida (AFRP); (b) un puente de viga de losa simple de PC pretensada utilizando AFRP; (c) un puente de viga de losa simple de PC pretensada utilizando PRFC; y (d) un puente de viga de PC postensada utilizando PRFC;
- Las normas de calidad se estipulan sobre la base de la revisión de las normas existentes y se describen nuevos métodos de ensayo de FRP: (a) Método de ensayo de las propiedades de tracción de las porciones dobladas de FRP; (b) Método de evaluación de la resistencia a los álcalis del FRP; y (c) Método de ensayo de la resistencia a los álcalis del FRP con respecto a las condiciones de temperatura durante el curado del hormigón; y
- Los datos prácticos sobre los PRFV incluyen las especificaciones de los productos, las propiedades mecánicas, los resultados de las pruebas de durabilidad, los detalles estructurales y el rendimiento real de cuatro tipos de PRFV utilizados actualmente en la construcción. También se proporcionan las dimensiones y diversos valores característicos de los cuatro tipos de FRP.

Puente Bessodani

Como respuesta a la necesidad de puentes de hormigón en entornos extremadamente corrosivos, West Nippon Expressway Co., Ltd. y Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd. han

estado desarrollando un concepto de puente no metálico desde 2010,^{12, 13} con el objetivo de proporcionar una solución radicalmente innovadora para abordar el deterioro debido a la corrosión del acero. Esta solución tecnológica se utilizó en el puente de Bessodani, en la autopista de Tokushima, en 2020.

Un puente no metálico en el que elimina el uso de todos los elementos de acero, incluidas las barras de refuerzo y los cables de acero para el pretensado, y tiene una superestructura formada únicamente por materiales no corrosivos. Sin el deterioro debido a la corrosión del acero, este nuevo tipo de estructura puede utilizarse potencialmente sin mantenimiento durante mucho tiempo. Además, se espera que la tecnología tenga un menor impacto climático porque no será necesario renovar los puentes y las emisiones de gases de efecto invernadero se limitarán únicamente al periodo inicial de construcción. La figura 3 muestra el concepto estructural del puente no metálico. La estructura es un puente de PC compuesto por hormigón reforzado con fibras de alta resistencia y varillas de PRFA. Las varillas PRFA se colocan en el interior y el exterior de los elementos como cables de pretensado para reforzar los momentos de flexión y las fuerzas de tracción. Se ha desarrollado una mezcla de hormigón reforzado con fibras de alta resistencia que utiliza tanto áridos gruesos como fibras cortas para conseguir una resistencia al cizallamiento superior al doble de la del hormigón ordinario de alta resistencia.

El hormigón también tiene una alta resistencia a la tracción. La estructura del alma está compuesta por paneles de hormigón en forma de mariposa, lo que permite un diseño eficiente con un peso reducido de la viga. Los paneles de hormigón prefabricado en el alma contienen barras de PRFA orientadas en diagonal para transferir las fuerzas de corte.

El puente de Bessodani¹⁴ es un puente de 25,5 m (84 pies) de longitud, con un solo vano de vigas cajón de alma de mariposa, con una anchura efectiva de 10,66 m (35 pies) y una profundidad de viga de 2,8 m (9 pies). El puente se compone de 12 segmentos fabricados en planta. Sin embargo, debido a los límites de peso del transporte en las

carreteras públicas, el plan de construcción preveía que los segmentos de soporte final de los extremos se fabricaran en tres secciones, se transportaran a la obra y se unieran con cables tensados transversalmente. Por la misma razón, el hormigón para el relleno de los travesaños de soporte final y para los tabiques de desviación se ha vertido in situ. Para los cables principales, se utilizaron nueve barras de PRFA de 7,4 mm de diámetro para un solo cable, y se dispusieron 34 cables para formar la estructura del tensor externo, que se diseñó para estar totalmente pretensado.

El puente Bessodani¹⁴ es la primera aplicación en el mundo del puente no metálico para carreteras, una tecnología que mejora la durabilidad estructural para reducir a futuro, la carga del mantenimiento. Al eliminar la necesidad de grandes trabajos de mantenimiento y renovación durante su vida útil, cabe esperar que este puente extremadamente duradero tenga también un impacto medioambiental positivo al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

West Nippon Expressway y Sumitomo Mitsui Construction tienen previsto aplicar esta tecnología a otros proyectos.¹⁵ Actualmente, la losa no metálica del tablero desarrollada a través de esta investigación conjunta, se ha aplicado a la sustitución del tablero de un puente de vigas de acero en un proyecto de renovación de una autopista a gran escala (Fig. 4).



Figura. 4: Concepto de puente no-metálico (Nota: 1 mm = 0.04 in.; 1 N/mm² = 145 psi)

Federación de Rusia

El primer código de diseño del mundo (recomendaciones P-16-78¹⁶) para estructuras reforzadas con PRFV apareció en la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) en 1978; sin embargo, sólo se refería a barras pretensadas de 6 mm. Muchos proyectos piloto (es decir, tres puentes, brazos de ménsula sin aislantes de los soportes de las líneas de transmisión eléctrica y columnas de aislamiento de las líneas de transmisión de alta y extra alta tensión) se construyeron utilizando este código.

El refuerzo de FRP se mencionó por primera vez en la Rusia moderna en 2003 en el código de diseño para estructuras de CR SP 52-101-2003,¹⁷ pero este documento no contenía ninguna guía de diseño. En 2013, la Asociación Nacional de Constructores aprobó un documento informativo (STO NOSTROY 2.6.90-2013¹⁸) para el refuerzo deformado de FRP de secciones transversales sólidas y huecas hecho de fibras de vidrio o basalto.

Este documento establece los requisitos para el uso de refuerzos compuestos en estructuras de hormigón, mampostería, estructuras geotécnicas, en la construcción residencial y en las infraestructuras de transporte. Actualmente, el documento principal para el refuerzo de PFV en la Federación Rusa es GOST 31938-2012.¹⁹, establece las especificaciones generales y cubre los elementos deformados de polímeros compuestos diseñados para el refuerzo de elementos de RC y PC construidos en entornos agresivos y que cumplen con los requisitos de resistencia y seguridad contra incendios especificados en GOST 30247.0-94²⁰ y GOST 30403-2012,²¹ respectivamente. GOST 32492-2015²² establece métodos para la determinación de las características físicas y mecánicas del refuerzo de FRP, mientras que GOST 32486-2015²³ establece métodos para la determinación de las características estructurales, térmicas y mecánicas del refuerzo de FRP.

El proceso de fabricación de refuerzos de FRP más común en Rusia es la pultrusión, aunque ninguno de los documentos normativos restringe el uso de ningún otro método de fabricación. La armadura de FRP sólo puede ser de sección redonda. De acuerdo con GOST 31938-2012, el diámetro nominal será de 4 a 32 mm (0,16 a 1,26 pulgadas); sin embargo, también se permite la fabricación de armaduras de FRP de otros diámetros nominales, siempre que cumplan los requisitos de la norma. El refuerzo de FRP de un diámetro nominal de 4 a 8 mm (0,16 a 0,31 pulgadas) puede suministrarse en rollos. Las barras de FRP tienen deformaciones superficiales para una mejor unión con el hormigón. Las deformaciones superficiales pueden formarse mediante el enrollamiento de la fibra continua en la barra o mediante la realización de espigas y nervios por hendiduras del núcleo de barra. El perfil de la superficie también puede incluir una capa de arena aplicada sobre la barra, siempre que se cumplan los requisitos de GOST 31938-2012. El cuadro 2 muestra una comparación de las especificaciones de los materiales según GOST 31938-2012, su propuesta de revisión de 2021, y las de ASTM D7957/D7957M-17.

Para verificar el cumplimiento del refuerzo de PFV con los requisitos de la norma, deben realizarse las siguientes pruebas de acuerdo con GOST 16504-81²⁴:

- Pruebas de aprobación de cada lote;
- Pruebas periódicas a intervalos de 6 meses durante el primer año de fabricación y de 1 año a partir de entonces; y
- Pruebas rutinarias de control de calidad (QC).

El cumplimiento de los refuerzos de PRF, actualmente es mediante una certificación voluntaria. La certificación de los productos también puede llevarse a cabo para verificar el cumplimiento de los requisitos de las normas internacionales y las normas nacionales vigentes. Esta certificación se realiza por iniciativa del fabricante o a petición del cliente. Los fabricantes también pueden producir barras de refuerzo de PFV de acuerdo con sus propias especificaciones técnicas, denominadas TU. Las TU pueden especificar un rendimiento de las barras inferior al establecido por GOST. Así, un diámetro medido puede determinarse no por una barra sino por su

bobinado. Las TU también pueden contener un nivel de rendimiento inferior para la resistencia a la tracción final y la resistencia a los álcalis. Las barras de refuerzo fabricadas de acuerdo con las TU sólo pueden utilizarse en elementos no estructurales (no portantes).

Durante el período de construcción en de la ciudad, el ingeniero (u otra organización autorizada), selecciona especímenes de barras de refuerzo en la obra para realizar pruebas para la determinación de las principales características físicas y químicas (es decir, el diámetro nominal, la resistencia a la tracción y la adherencia del hormigón). Las pruebas deben ser realizadas por un laboratorio certificado independiente y los valores obtenidos deben compararse con los requeridos por el diseño del proyecto. En caso de que los valores obtenidos en los ensayos no se ajusten a los requisitos especificados en los valores de diseño del proyecto, el ingeniero del proyecto debe ajustar el diseño en función de las características reales del material.

Tabla 2: Comparación de los requisitos de material GOST y ASTM D7957/D7957M-17 para el refuerzo de PFV

Propiedades	GOST 31938-2021		GOST 31938-2012		ASTM D7957/D7957M-17
	GFRP	BFRP	GFRP	BFRP	GFRP
Contenido en masa de fibra, %, no menos de	8		7		7
Resistencia nominal a la tracción, σ_B , MPa	1000		800		de 533 a 843 (depende del diámetro de la varilla)
Módulo de elasticidad medio nominal, E_f , MPa, no inferior a	50,000		50,000		44,800
Resistencia garantizada al corte transversal, τ_{sh} , MPa, no inferior a	150		150		131
Resistencia nominal a la compresión, σ_{bc} , MPa, no inferior a	300		300		—
Resistencia a la adhesión garantizada, τ_B , MPa, no inferior a	12		12		7.6
Disminución de la resistencia a la tracción tras la exposición a condiciones alcalinas, $\Delta\sigma_B$, %, no más	20 (30 días a 60°C)		25 (30 días a 60°C)		20 (90 días a 60°C)
Resistencia de la unión garantizada tras el envejecimiento en un entorno alcalino, τ_{B1} , MPa, no inferior a	10		10		—
Temperatura media de transición vítrea, T_g^* , °C, no menos de	90		—		100
Grado medio de curación, %.	—		—		9
Límite de temperatura de funcionamiento, T_3 , °C,	90		60		—
Porosidad lateral	No se permite la penetración del tinte en 15 minutos		—		—
Absorción de humedad en 24 h a 50°C, %, no más de	0		—		0.25
Absorción media de humedad hasta la saturación, %, no más de	—		—		1 (hasta la saturación a 50°C)

En Rusia, los documentos normativos para el refuerzo de FRP se desarrollan en colaboración con el comité técnico de normalización TK 465, Stroitelstvo (Construcción). Además, las estructuras de PFV-RC se diseñan de acuerdo con el Código de Práctica, SP 295.1325800.2017,²⁵ que entró en vigor en 2018. Desde julio de 2015 y hasta ese momento, el anexo L de SP 63.13330.2012²⁶ estaba en vigor. Hay que tener en cuenta que

los métodos de diseño de las estructuras de PFV-RC en 2015 utilizaban coeficientes de seguridad elevados, que posteriormente fueron revisados y rebajados como se refleja en otro documento SP295.1325800.2017. Desde junio de 2021, está en vigor la enmienda nº 1 al SP295.1325800.2017. La modificación se introdujo en los cálculos de la resistencia a las grietas y la anchura de las mismas.

Hay que tener en cuenta que este código de buenas prácticas sólo cubre el diseño de construcciones industriales y civiles expuestas a cargas estáticas y no cubre las infraestructuras de transporte y los puentes. Todavía no se han aceptado las normas para el diseño de puentes de PFV-RC y otras estructuras sometidas a cargas dinámicas.

El diseño de las estructuras reforzadas con PFV de acuerdo con la norma SP 295.1325800.2017 se realiza para dos estados límite: estado límite último y estado límite de servicio. La norma SP 295.1325800.2017 cubre el diseño de estructuras de CR reforzadas con barras de refuerzo de PFV de carbono, aramida, basalto o vidrio. También se pueden utilizar refuerzos de PFV híbridos (por ejemplo, fibras de vidrio y de carbono).

El cálculo de la resistencia de las estructuras de PFV-RC se realiza para:

Secciones normales (bajo la acción de momentos de flexión y fuerzas longitudinales);

Secciones oblicuas (bajo la acción de fuerzas transversales); y

Acción local de la carga (compresión local o punzonamiento). La norma SP 295.1325800.2017 también especifica las proporciones mínimas de refuerzo, los requisitos estructurales y los detalles de diseño.

Referencias

1. Manalo, A.C.; Mendis, P.; Bai, Y.; Jachmann, B.; and Sorbello, C.D., "Fiber-Reinforced Polymer Bars for Concrete Structures: State of-the-Practice in Australia," *Journal of Composites for Construction*, ASCE, V. 25, No. 1, Feb. 2021.
2. Manalo, A.C.; Alajarmeh, O.; Cooper, D.; Sorbello, C.D.; Weerakoon, S.Z.; and Benmokrane, B., "Manufacturing and Structural Performance of Glass-Fiber-Reinforced Precast-Concrete Boat Ramp Planks," *Structures*, V. 28, Dec. 2020, pp. 37-56.
3. "The Building Code of Australia," National Construction Code Series, Australian Building Codes Board (ABCB), Canberra, ACT, Australia, 2015.
4. ISO 10406-1:2015, "Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement of Concrete—Test Methods—Part 1: FRP Bars and Grids," International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2015, 39 pp.
5. ACI Committee 440, "Specification for Carbon and Glass Fiber Reinforced Polymer Bar Materials for Concrete Reinforcement (ACI 440.6-08 (ACI 440.6-08) (Reapproved 2022)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2008, 6 pp.

6. ASTM D7957/D7957M-17, "Standard Specification for Solid Round Glass Fiber Reinforced Polymer Bars for Concrete Reinforcement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 5 pp.
7. CSA S806-12 (R2017), "Design and Construction of Building Structures with Fibre-Reinforced Polymers," CSA Group, Toronto, ON, Canada, 2012, 206 pp.
8. CSA S807:19, "Specification for Fibre-Reinforced Polymers," CSA Group, Toronto, ON, Canada, 2019, 67 pp.
- 52 JUNE 2022 | Ci | www.concreteinternational.com
9. JSCE Research Subcommittee on Continuous Fiber Reinforcing Materials, "Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials (Translation from the Concrete Library No. 88 published by JSCE, September 1996)," Concrete Library of JSCE No. 31, Japan Society of Civil Engineers (JSCE), June 1998, 64 pp.
10. "Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Fiber Reinforced Polymer," Japan Prestressed Concrete Institute (JPCI), Tokyo, Japan, 2021.
11. "Technical Standards for Concrete Structures: Performance Creative Design, Construction and Maintenance," Japan Prestressed Concrete Institute (JPCI), Tokyo, Japan, 2019.
12. Ohshiro, T.; Matsui, T.; Kasuga, A.; and Nagamoto, N., "Development of Non-Metal Bridge," *Proceedings of the Fourth International fib Congress 2014*, Mumbai, Mumbai, India, Feb. 10-14, 2014.
13. Fukunaga, Y.; Ohshiro, T.; Matsui, T.; Kasuga, A.; Asai, H.; and Nagamoto, N., "Development of Non-Metal Bridge Contributed High Durability," *Proceedings of IABSE Conference Nara 2015*, Nara, Japan, May 13-15, 2015, pp. 416-417.
14. Wada, Y.; Fuji, Y.; Ashizuka, K.; Sanga, T.; and Fujioka, T., "Construction of Actual Non-Metal Bridge," *Proceedings of the fib Symposium 2020*, Shanghai, China, Nov. 22-24, 2020.
15. Fukuda, M.; Ashizuka, K.; Karino, T.; and Kasuga, A., "Experimental Study on Fatigue Durability of Ultra High Durable Slab," *Proceedings for the 2018 fib Congress Held in Melbourne*, Australia, Melbourne, Australia, Oct. 7-11, 2018.
16. P-16-78, "Recommendations for Design of GFRP Reinforced Structures," NIIZhB of Gosstroy of USSR, Moscow, Russia, 1978, 17 pp.
17. SP 52-101-2003, "Concrete and Reinforced Concrete Structures without Prestressing," Gosstroy of Russia, Moscow, Russia, 2003, 59 pp. (in Russian)
18. STO NOSTROY 2.6.90-2013, "Applications in Concrete Construction and Geotechnical Structures of Non-Metallic Composite Reinforcement," National Association of Builders, Moscow, Russia, 2014, 115 pp. (in Russian)

19. GOST 31938-2012, "Fiber-Reinforced Polymer Bar for Concrete Reinforcement. General Specifications," Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, Moscow, Russia, 2012, 40 pp.

20. GOST 30247.0-94, "Elements of Building Constructions. Fire-Resistance Test Methods. General Requirements," Ministry of Construction of Russia, Moscow, Russia, 1995, 11 pp.

21. GOST 30403-2012, "Building Structures. Fire Hazard Test Method," Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, Moscow, Russia, 2012, 16 pp.

22. GOST 32492-2015, "Fibre-Reinforced Polymer Bar for Concrete Reinforcement. Determination of Physical-Mechanical Properties," Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, Moscow, Russia, 2015, 20 pp.

23. GOST 32486-2015, "Fibre-Reinforced Polymer Bar for Concrete Reinforcement. Methods of Determination of Structural and Thermo Mechanical Characteristics," Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, Moscow, Russia, 2015, 24 pp.

24. GOST 16504-81, "The State System of Testing Products. Product Test and Quality Inspection. General Terms and Definitions," Gosstandart, Moscow, Russia, 1981, 24 pp.

25. SP 295.1325800.2017, "Concrete Structures Reinforced with Fibre-Reinforced Polymer Bar. Design Rules," Ministry of Construction, Housing and Utilities, Moscow, Russia, 2017.

26. SP 63.13330.2012, "Concrete and Reinforced Concrete Structures. General Provisions," Ministry of Regional Development, Moscow, Russia, 2011, 131 pp.

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

Título: Hormigón con polímeros reforzados con fibra (PRF) Alrededor del mundo, parte 2



Traductor:
Arq Edison Castillo PhD



Revisor Técnico:
Ing. MSc. Santiago Vélez
Guayasamín

Memorándum del presidente

La búsqueda del Concreto Carbono Neutral – Parte 1

por Charles K. Nmai
Presidente ACI



Charles K. Nmai
Presidente ACI

En la Sesión de Apertura de la Convención de Concreto de ACI – Primavera 2022, el ex presidente Cary Kopczynski anunció formalmente la fundación de NEU: Un Centro de Excelencia de ACI para Concreto Carbono Neutral. Posteriormente, el Vicepresidente Ejecutivo de ACI, Ron Burg, proporcionó detalles sobre NEU y sus principales funciones esperadas en el memorándum del Vicepresidente Ejecutivo de abril. Este mes, seguiré con "La búsqueda del Concreto Carbono-Neutral" con las opciones comunes disponibles para los profesionales del diseño a medida que intentan cumplir con los objetivos de carbono-neutral de los propietarios y la comunidad de diseño. Si bien la mayoría de los objetivos para lograr la neutralidad de carbono están destinados a 2050, ¡algunos son tan temprano como 2030! Otras opciones se abordarán en la Parte 2 de este memorándum de dos partes.

Es aceptado universalmente que lograr la neutralidad de carbono debe centrarse alrededor del cemento portland y, en consecuencia, las organizaciones cementeras como la Asociación de Cemento Portland (PCA), la Asociación Global de Cemento y Concreto (GCCA) y la Federación Interamericana de Cemento (FICEM) han desarrollado o comprometido a la industria con hojas de ruta para alcanzar el concreto-cero emisiones, es decir, para descarbonizar completamente la industria del cemento y el concreto para 2050.

Estas hojas de ruta involucran diferentes estrategias e incluyen ahorros en la producción de clinker, ahorros en cemento y aglomerantes, eficiencia en la producción de concreto y eficiencia en el diseño y la construcción, que representa el objetivo característico del ex presidente Kopczynski de "productividad de la construcción", descarbonización de la electricidad, captura y uso/almacenamiento de carbono y recarbonización del concreto.

Los ahorros en cemento y aglutinantes y la eficiencia en la producción de concreto no son nuevos para la industria. Los materiales cementicios suplementarios (MCS), como cenizas volantes, cemento de escoria, arcilla calcinada/metacaolín, humo de sílice y puzolanas naturales, se utilizan en todo el mundo, según la disponibilidad, para optimizar el concreto de cemento portland. Otros MCS, como la ceniza de cáscara de arroz y, en los últimos años, las puzolanas de vidrio esmerilado también están disponibles a nivel regional. La mezcla de MCS con cemento portland durante el proceso de fabricación tampoco es nueva, aunque no está extendida en Norteamérica, donde los productores de concreto suelen agregar los MCS por separado, generalmente como reemplazo del cemento Portland. La principal diferencia entre la mezcla durante la fabricación y la adición por separado es el reemplazo del cemento portland que se puede lograr con este último. La adición separada ofrece flexibilidad con respecto a los tipos

y cantidades de MCS que se pueden usar en una mezcla de concreto dada. Históricamente, los niveles de reemplazo de cemento con cenizas volantes y escoria han oscilado entre 10 y 30 % y entre 25 y 50 %, respectivamente, y los límites más altos de los rangos se han utilizado típicamente en aplicaciones en masa de concreto. Actualmente se utilizan mezclas de concreto con combinaciones de MCS para lograr niveles significativos de reemplazo de cemento portland, en un esfuerzo por reducir la huella de carbono de las mezclas. Los niveles de reemplazo de cemento Portland del 70 al 75 % se utilizan de manera rutinaria en proyectos en todo Estados Unidos, particularmente en edificios de gran altura en la ciudad de Nueva York y California, y se han informado niveles de reemplazo de alrededor del 83 %. Estas mezclas de concreto con bajo contenido de cemento requieren experiencia en dosificación y la elección correcta de aditivos químicos para cumplir con los requisitos del proyecto. Los proyectos en la ciudad de Nueva York incluyen One World Trade Center y sus torres complementarias, 432 Park Avenue y 30 Park Place (Hotel Four Seasons), todos construidos entre 2006 y 2017 con mezclas que contenían cenizas volantes, cemento de escoria y humo de sílice (metacaolín de alta reactividad en el caso de 432 Park Avenue, por estética). El edificio de la sede de la Comisión de Servicios Públicos de San Francisco, construido entre 2009 y 2012, tuvo un reemplazo del 70 % del cemento portland con cenizas volantes y cemento de escoria. Para no quedarse atrás, las mezclas de concreto para los puentes Goethals, Bayonne y Tappan Zee, en la ciudad de Nueva York, construidos entre 2013 y 2017, tenían niveles de reemplazo de cemento Portland de 55 a 65 % usando cenizas volantes y cemento de escoria (más humo de sílice para Tappan Zee).

Lo que es único acerca de estos proyectos, y todos los demás no mencionados, es que los propietarios, a través de sus profesionales de diseño, requerían el uso de mezclas de concreto con una huella de carbono baja. De hecho, el empuje por el concreto bajo en carbono está siendo promovido actualmente por los propietarios. ¡Se puede lograr un mayor éxito si los profesionales del diseño toman la iniciativa de manera proactiva y colaboran con otras partes interesadas de la industria del concreto para lograr el concreto-cero emisiones para la fecha objetivo de 2050! También es fascinante el hecho de que se usaron MCS comunes (cenizas volantes, cemento de escoria, humo de sílice y metacaolín de alta reactividad). Ya existe una gran cantidad de información sobre estos MCS en los documentos de ACI, y uno de los objetivos inmediatos de NEU será tener disponible la información para el público en general y resaltar y proporcionar una lista de proyectos de concretos con MCS con bajas emisiones de carbono

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Guatemala

Título: Memorándum del presidente



*Traductor y Revisor Técnico:
Ing. Xiomara Sapón Roldán*

Concreto Preguntas y Respuestas: Agua estancada y colocación de concreto

P

Se preparó una losa de cimentación de 5 ft (1.5 m) de espesor para la colocación del concreto. Se instaló acero de refuerzo sobre una losa de concreto de limpieza de 3 pulgadas (76 mm) (o losa de trabajo) con un área de aproximadamente 25,000 ft² (2320 m²) de acabado plano (es decir, sin pendientes ni contornos). Hay charcos de agua de lluvia estancada depositada ayer en la parte superior de la losa de concreto de limpieza en ubicaciones aleatorias que varían en profundidad en hasta ½ pulgada (13 mm). ¿Existe algún requerimiento de ACI para colocar concreto en esas condiciones?

Los usuarios de documentos ACI hicieron las preguntas de esta columna y las respondió el personal de ACI o un miembro o miembros de los comités técnicos de ACI. Las respuestas no representan la postura oficial de un comité de ACI. Los comentarios deberán enviarse a keith.tosolt@concrete.org.

R

ACI 318-14¹ introdujo una nueva disposición (26.5.2.1 (b)), también incluida en ACI 318-19² que requiere que se retire el agua estancada a menos que se utilice un tremie “o a menos que el profesional de diseño con licencia [LDP (por sus iniciales en inglés)] y el funcionario de construcción lo permitan”.

Desafortunadamente, algunos inspectores están aplicando este requerimiento de tremie para “piletas de pájaro” que tengan menos de ¼ de pulgada (6 mm) de profundidad. Si durante la fase de diseño no se anticipó la colocación del tremie, podría no ser posible enroscar un tubo a través de varias capas de refuerzo. Aunque sería posible barrer o soplar el agua estancada utilizando aire comprimido desde una superficie completamente expuesta, tal vez sea imposible retirar el agua estancada del fondo de una zapata, losa o viga porque las capas de refuerzo que interfieren limitarán el acceso.

La Sección 4.4.3.2 de ACI 332.1R-18 proporciona apoyo para evitar el uso del tremie, permitiendo que el borde anterior de la masa de concreto simplemente empuje fuera del camino el agua estancada que se encuentre allí: “En condiciones en las que el encofrado permitirá que el agua se desplace mediante una masa más grande de la mezcla de concreto, puede retirarse exitosamente de la zapata por medio de la colocación del concreto. La colocación del concreto en la zapata tiene suficiente presión hidrostática para desplazar el agua estancada de las excavaciones de la zapata, siempre que el encofrado de la zapata permita que el agua salga. Si esto no es posible, deberá retirar el agua estancada drenando o bombeando. En cualquier caso, antes de colar deberá confirmarse que la superficie de apoyo de la zapata esté firme. El agua que el concreto no puede desplazar puede alterar la relación agua/cemento diseñada para la mezcla de concreto.”³

En la Sección R7.24 de ACI 332-20 Comentarios se pueden encontrar recomendaciones similares: “Si el encofrado de la zapata permite que el agua salga, la presión hidráulica de la colocación del concreto es suficiente para desplazar el agua de las áreas encofradas y evitar la segregación.”⁴

En un artículo que trata de agua estancada en zapatas de concreto residencial, Baty declara que: “Si las zapatas se excavan en suelos no alterados y no existe un punto en el que la pendiente produzca una salida natural, la fuerza y peso de la colocación del concreto todavía tienen probabilidad de forzar el agua para que salga sobre la parte superior del espacio de la zapata. En tanto la colocación consiga desplazar en su totalidad el agua, no debe haber razón de preocupación.”⁵

Además, sobre la base de las investigaciones y publicaciones de Khayat, Gerwick Jr., y Hester:

- “El concreto similar a la mezcla RÍGIDA puede colocarse en una tolva de descarga inferior que esté cubierta y bajarla suavemente al agua sobre el área de reparación. Al concreto puede permitírsele que caiga una distancia corta a través del agua. Esta caída deberá limitarse a 15 pulgadas (381 mm);⁶ y
- “Deberá minimizarse la caída libre del concreto a través del agua para reducir la erosión de ésta, aun cuando el concreto se cuele a través de un tubo tremie inclinado. Puede tolerarse la distancia de caída libre de 6 pulgadas (152 mm) en orificios de socavación superficial en reparación.”⁷

Para ayudar a los contratistas a manejar las colocaciones de concreto cuando hay agua estancada, sería conveniente incluir las recomendaciones proporcionadas en ACI 332.1R-18 y en ACI 332-20, así como las Referencias 5, 6 y 7 en las reuniones previas a la construcción hasta que ACI pueda considerar los ajustes potenciales al Código y los Comentarios.

Referencias

1. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (ACI 318R-14),” American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, 2014, 519 pp.
2. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 624 pp.
3. ACI Committee 332, “Guide to Residential Concrete Construction (ACI 332.1R-18),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 61 pp.
4. ACI Committee 332, “Code Requirements for Residential Concrete (ACI 332-20) and Commentary,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 74 pp.
5. Baty II, J.R., “Standing Water in Prepared Footings: A Problem or a Precaution?” Concrete Contractor, May 6, 2020, <https://tinyurl.com/2u2mf8b3>.
6. Khayat, K.H.; Gerwick, Jr., B.C.; and Hester, W.T., “Self-Leveling and Stiff Consolidated Concretes for Casting High-Performance Flat Slabs in Water,” Concrete International, V.15, No. 8, Aug. 1993, pp.36-43.
7. Khayat, K.H., Gerwick, Jr., B.C.; and Hester, W.T. “Concrete Placement with Inclined Tremie for Small Underwater Repairs,” Concrete International, V.15, No. 4, Apr. 1993, pp. 4-56.

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

Título: *Concreto Preguntas y Respuestas:*
Agua estancada y colocación de concreto



Traductor:
Lic. Ana Patricia García Medina



Revisor Técnico:
M.I. Sergio Valdés Constantino



CONCRETO
LATINOAMÉRICA