CONCRETO
LATINOAMÉRICA

VOLUMEN III | NÚMERO 9 | SEPTIEMBRE 2022

CONCRETO
LATINOAMÉRICA

Volumen III - Número 9
Septiembre 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 **Avances de TU Dresden: Construcción de concreto textil-reforzado**
Traducción y revisión técnica a cargo del Capítulo: Ecuador Centro y Sur

9 **El cemento de arcilla calcinada abre caminos en la reducción de emisiones de carbono**
Traducción y revisión técnica a cargo del Capítulo: Colombia

13 **Conversión de edificios en estructuras de almacenamiento de carbono**
Traducción y revisión técnica a cargo del Capítulo: México Sureste

15 **Concreto, Preguntas y Respuestas: Factores para cargas de viento a nivel de servicio / Longitud de estirado del anclaje camisas y profundidad efectiva**
Traducción y revisión técnica a cargo del Capítulo: Guatemala

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

Traduccion:
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 Armendaríz Solís

Diseño Gráfico:
LDI. Monserrat Treviño Garza
Alejandro Martínez Sánchez
LDI. Julián Capetillo Castillo

"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 Septiembre del 2022. El Instituto no se hacer 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	Dr. Raúl Bertero
Colombia	Dra. Nancy Torres Castellanos
	Dr. Fabían 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	Ing. Alejandro M. Narro Aguirre
Mexico Noroeste	Ing. Jesús Fernando Garcia Arvizu
México Centro y Sur	Arq. Arturo Rodriguez Jalili
México Sureste	Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala
Panamá	Ing. Jorge L. Quiróz
Perú	Ing. Julio Antonio Higashi Luy
Puerto Rico	Ing. Anabel N. Merejildo

***USAFA Air Garden**. Construido originalmente en 1954, el Jardín del Aire de la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, en Colorado Springs, Colorado, USA fue totalmente renovado a partir de 2020, siendo inaugurado finalmente en octubre de 2021. El complejo, originalmente de una sola fuente, se dividió en 13 fuentes más pequeñas, facilitando su mantenimiento y operación. El mármol que cubría los perímetros de las fuentes, se sustituyó con concreto arquitectónico blanco, usando arenas de Wisconsin, agregados gruesos de Texas y vidrio de Utah, dándole un acabado con agregados expuestos, brillante y blanco con la mano de obra local de Hardscapes. Este concreto resultó de mucha mayor resistencia que el material originalmente utilizado, incrementando su vida útil y reduciendo el costo de mantenimiento.*
Para mayor información puede consultar el artículo original en inglés en la revista Concrete International de Marzo de 2022 página 36 o la revista digital Concreto Latinoamérica del mismo mes en la página 12. (Fotografía cortesía de la Fundación de la Academia de la Fuerza Aérea)

¡Únete Hoy!
Conoce tu capítulo local ACI

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

aci American Concrete Institute
Always advancing

ARTÍCULO

1 UNO

Avances de TU Dresden: Construcción de concreto textil-reforzado

Reforzado con textil de carbono, The Cube señala un futuro más fuerte y sostenible

por Deborah Huso

Una caja rectangular gris de acero con techo inclinado en una pared, el diseño relativamente simple de The Cube en la Universidad Técnica de Dresden (TU Dresden), Dresden, Alemania, marca una nueva era en la construcción con hormigón (Figura 1). Como reflejo de años de investigación y pruebas, The Cube pronto será el primer edificio del mundo con una estructura compuesta únicamente de hormigón armado con textiles de carbono. El hormigón textil de carbono de The Cube presenta esencialmente un "colchón" de fibras de carbono sobre el que se coloca el hormigón. Porque es más ligero e incluso más resistente que el acero reforzado. El concreto reforzado con textiles de carbono promete requerir mucho menos hormigón y, por lo tanto, producen menos emisiones CO_2 que los sistemas convencionales.

Figura. 1: The Cube durante la construcción con un diseño simple de caja y un techo inclinándose dentro de un muro (foto cortesía de Stefan Groeschel, IMB, TU dresden)

Los orígenes de la Construcción con hormigón textil de carbono

Diseñado a través de la colaboración de Manfred Curbach, Director del Instituto de Estructuras de Hormigón de TU Dresden, sus alumnos y el estudio de arquitectura con sede en Berlín HENN, The Cube representa una iniciativa con una extensa investigación e inversión del Ministerio Federal de Educación y Compuesto de Hormigón de Carbono (C^3) La iniciativa surgío de una investigación a cargo del profesor Petter Offerman de la TU Dresden, quien a mediados de la década de 1990, diseñó un textil con grandes aberturas, lo que permite que el textil acomode colocaciones de hormigón y sirven como refuerzo. Como Curbach explica, "La primera idea [de Offermann] fue utilizar fibras de vidrio. En aquel entonces, el carbono era demasiado caro, pero ahora está disminuyendo en el precio." A principios de la década de 2000, los investigadores de C^3 habían comenzado a probar fibras de carbono en su lugar. Luego, en 2013, el Ministerio Federal de Educación e Investigación dedicó 45 millones de euros a promover investigación sobre el hormigón textil al carbono para la construcción de edificios. En 2005, los investigadores construyeron un puente peatonal con concreto con textil de carbono. The Cube es el primer esfuerzo por construir todo un edificio con ella.

Como explica el arquitecto Gunter Henn, el hormigón es el material de construcción más usado en el mundo, sin embargo, su producción necesita muchos recursos y es perjudicial para el medio ambiente. Él ve al hormigón con refuerzo textil de carbono, cual material que reduce drásticamente la cantidad de hormigón requerido para reparar o construir un edificio, o como el material del futuro porque su producción emite un 50% menos de CO_2. Eso es porque es necesaria solo la mitad del concreto cuando se construye con refuerzo de fibra de carbono en lugar de acero. En la construcción tradicional, se necesitan gruesas capas de hormigón para proteger el acero de refuerzo contra la corrosión. Ya que las fibras de carbono no se corroen, los arquitectos y constructores pueden usar sustancialmente menos material para crear estructuras más delgadas, pero igualmente fuertes.

Construcción básica de The Cube

En el caso de The Cube, su simple estructura central de caja de dos pisos fue construida con elementos de doble pared aislada (Fig. 2). Estos comprenden dos capas de hormigón prefabricado espaciadas, reforzadas con láminas textiles de carbono. Poliuretano Aerogel-it Slentite® los tableros de aislamiento de Aero gel están fundidos contra una de las capas prefabricadas de hormigón. Barras de refuerzo de fibra de vidrio Schöck Isolink® se extienden a través del aislamiento y espacio de aire para conectar los dos paneles prefabricados de hormigón. Después de que las unidades de pared doble se colocaron de borde a borde en el sitio de construcción, el hormigón se colocó en el espacio de aire dentro del sistema de doble pared. Mientras que las paredes de hormigón tradicionales deberían tener 440 mm. (17 pulg.) de espesor, las paredes de concreto reforzado con fibra de carbono deben tener sólo 270 mm (10,6 pulg.) de espesor, incluida la capa de aislamiento. Los techos de la estructura de la caja también se construyeron de elementos prefabricados de hormigón reforzado con textil de carbono, que consta de 30 mm (1,2 pulg.) en la capa exterior reforzada con una sola capa de carbono rejilla textil y 60 mm (2,4 pulg.) de grosor las redes no reforzadas. La parte curva del edificio (Fig. 3) se hizo en el sitio utilizando un encofrado construido en fábrica. Según Curbach, el equipo de construcción roció una fina capa de hormigón en la forma (alrededor de 5 a 6 mm [0,2 pulg.] de espesor), luego se agregó textil (Fig. 4), y luego más hormigón hasta un espesor total de 40 mm. A continuación, el equipo añadió paneles aislantes de 40 a 50 mm (1,6 a 2.0 pulg.) de espesor, seguido de una capa delgada de concreto, otra capa de textil, y más de hormigón. Con todo, el proceso hecho las paredes acabadas tenían un espesor de unos 200 mm (8 pulgadas). “Llamamos [a esto proceso] laminación de la capa de hormigón”, dice Curbach.

Concreto Textil al Carbono versus Concreto Reforzado con Acero

En la construcción tradicional de concreto reforzado con acero, “usted necesita un valor de pH de alrededor de 12 para proteger el acero”, explica Curbach, “y eso significa unos 50 mm de hormigón alrededor del acero”. Con refuerzo textil de carbono, por otro lado, no se necesita tanto hormigón porque el carbono no se corroe. Así, se puede ahorrar mucho material, según Curbach, incluida la arena, que durante mucho tiempo ha sido reconocida como el recurso sólido más valioso debido a su criticidad en construcción y recuperación de terrenos.

Figura. 2: La estructura de caja de dos pisos dentro de The Cube está hecha de paredes dobles aisladas de hormigón prefabricado; una sección mostrada a la derecha por Manfred Curbach (foto cortesía de Stefan Groeschel, IMB, TU Dresden)

Figura. 3: La parte curva del Sistema de muro fue construida usando un encofrado de fabrica llevado al lugar (foto cortesía de Stefan Groeschel, IMB, TU Dresden)

Figura. 4: Trabajadores llevando textil de carbono usado para la construcción de elementos de la estructura de textil de carbono (foto cortesía de Stefan Groeschel, IMB, TU Dresden)

El hormigón reforzado con fibra de carbono se fabrica con hilados de carbono y barras que pueden constar de 10.000 a 50.000 filamentos impregnados con resina epoxi (en el caso de The Cube), que asegura la activación de las fibras de carbono bajo carga y protege el refuerzo de fibra de carbono de daños durante la construcción. El concreto reforzado con fibra de carbono generalmente se fabrica con concreto de grano fino de alta resistencia, pero también se puede hacer con hormigón normal comercialmente disponible. Debido a la reducción en el uso de hormigón, el uso de hormigón textil de carbono en la construcción también reduce las emisiones de CO_2, potencialmente tanto como de un 70 a 75%, según Curbach.

Más flexibilidad de diseño

Además de demostrar la mayor sostenibilidad de construcción con hormigón textil de carbono, The Cube también muestra la flexibilidad de diseño del material. Porque las fibras de carbono son de naturaleza textil, brindan la oportunidad para una construcción más innovadora y fluida, como se muestra por las curvas del techo de The Cube que fluyen a la perfección en una pared. “Era solo un cubo al principio”, explica Curbach. “Entonces, le pregunté al profesor Henn si podía imaginar una forma arquitectónicamente más interesante para un edificio tan demostrativo. Fue su idea hacer que la doble curva girara fuera de la caja”. “El giro de doble curva muestra que el lenguaje arquitectónico puede ser encontrado en este material”, añade Curbach. “Es difícil doblar acero, pero con carbono [textil], no es tan rígido”. Un lado del giro es un muro; el otro lado es una cubierta. “La formabilidad muy libre del hormigón de carbono [textil] hace posible diseñar la pared y el techo en un continuo,” agrega Henn. “El techo horizontal emerge gradualmente de la pared vertical a través de una rotación continua. Así, el edificio [se convierte] en una escultura ambulante y arquitectónica al mismo tiempo. El material delgado le da al pabellón una elegancia especial”. “El concreto de carbono [textil] es más fácil de moldear que el acero”, agrega Henn. “El hormigón [textil] de carbono no establece límites para una mayor

libertad para darle forma." Eso es porque las paredes exteriores súper delgadas con su geometría de doble curvatura no requieren encofrado convencional porque las rejillas de refuerzo de carbono son suaves y fáciles de doblar. En 220 m² (2370 ft²), la construcción de The Cube es cuatro veces más ligera de lo que sería si se hubiera construido con hormigón convencional reforzado con acero. Los investigadores también predicen que la estructura, y otras similares, durarán más que los tradicionales edificios de hormigón debido a las fibras de carbono resistentes a la corrosión. Además, el hormigón textil de carbono promete una vida útil mucho más larga, vida útil libre de mantenimiento más larga que las tradicionales de concreto reforzadas con acero. “El hormigón normal puede durar de 60 a 80 años sin reparaciones”, dice Curbach. “[Creemos] que el hormigón [textil] de carbono puede durar 200 años. El hormigón [reforzado con acero] es más vulnerable a los ataques químicos que el hormigón de carbono [textil]”.

Comparación de costos

Sin embargo, el gasto sigue siendo una preocupación. Mientras que 1 kg (2,2 lb) de hormigón armado cuesta alrededor de 1 €, el coste de la misma cantidad de hormigón textil de carbono puede ser tanto como 12 €. Incluso representando una reducción potencial del 50% o más en el uso de materiales de construcción, el costo aún supera con creces el de construcción de hormigón tradicional. “Si miramos El Cubo”, dice Matthias Tietze, gerente de sitio de The Cube y director general de C³. "Tiene el doble del costo de la construcción tradicional de hormigón armado, queremos mostrar cuán económico [puede ser]”. Reducir esos costos requeriría fabricar los moldes, la rejilla de carbono y toda la pared automáticamente, Tietze explica. “Este es nuestro objetivo para los próximos 1 o 2 años. Queremos alcanzar el mismo precio que [el concreto reforzado con acero tradicional], especialmente para paredes”. Tietze dice que el costo del hormigón textil de carbono radica en el hecho de que todavía no hay un proceso automático para poner refuerzo de fibra de carbono en el hormigón. "Va a eventualmente ser el mismo precio y tal vez más barato porque no es tan pesado y no necesitará tantos trabajadores en una planta digitalizada y automatizada”, dice. Curbach cree que el hormigón textil de carbono, sera más económico a largo plazo, y continuará sin embargo siéndolo así. Señala que 1€ por kilogramo de acero frente a 12 € por kilogramo de fibra de carbono suena como una gran diferencia. “Pero con 1 kg de [fibras] de carbono, obtienes cuatro veces el material”, dice. “La [fibra] de carbono es más barata que el acero cuando se considera la resistencia”. Pero no es solo en las nuevas construcciones donde el tejido de carbono desempeña su papel. “Podemos usarlo para fortalecer otras estructuras", explica Curbach, señalando que tantas estructuras de hormigón construidas en las décadas de 1920 y 1930 ahora tienen que ser reconstruidas. “Pero [con el concreto textil de carbono], podemos ayudar a mantener edificios antiguos intactos”, explica. “Si agrega una capa de 10 mm (0,4 pulg.) de hormigón textil de carbono sobre una placa vieja, puede duplicar la capacidad de flexión de la placa. Creo que el uso de refuerzo textil de carbono para reparar edificios antiguos puede hacer mas grande su resistencia.” De hecho, el año pasado, la iniciativa C³ ha añadido concreto textil de carbonopara reparaciones de hormigón en dos puentes de la Autobahn. Esos puentes van a durar otros 50 años. Por supuesto, uno de los mayores desafíos de construir con el concreto reforzado con textiles de carbono en edificios actuales, son los códigos los cuales no tienen en cuenta el material. "Nosotros siempre tenemos que obtener permisos para construir [hormigón textil de carbono] caso por caso debido a la seguridad”, explica Curbach. La iniciativa C³ ha respondido a este desafío redactando los primeros códigos de construcción de hormigón y esperan pronto publicar toda la información del código de construcción que tienen para hormigón textil de carbono, para que sea accesible a la industria y profesionales de todo el mundo.

El futuro

Sin embargo, aparte de los precios y los códigos de construcción, el otro obstáculo que la iniciativa C³ está trabajando para superar es el hecho de que el carbono en el hormigón textil no es reciclable. Si bien podría durar 200 años en un edificio, los investigadores deben demostrar lo que se puede hacer con él cuando haya alcanzado su vida útil. Para reciclar el hormigón textil al carbono, se debe separar el hormigón a partir de las fibras de carbono. “Hemos hecho un pequeño edificio solo para destruirlo para probar esto", dice Curbach, "y han sido capaces de lograr una tasa de separación del 99%”. Los investigadores han utilizado un proceso de separación basado en cámaras en una línea de montaje para separar el hormigón de las fibras de carbono. La cámara identifica si uno está mirando hormigón o fibras de carbono. Curbach explica, es como la separación de basura en el reciclaje de flujo único. Una vez separado de las fibras de carbono, el hormigón puede ser reciclado para su uso en la creación de hormigón nuevo. Mientras tanto, las pequeñas piezas de fibras de carbono recicladas se pueden utilizar para crear nuevo hilo de carbono para construir nuevas redes de carbono para refuerzo de hormigón. Curbach dice que fibras de carbono recicladas tienen una resistencia del 90% del original. La inauguración oficial de The Cube está prevista para el 28 de septiembre del 2022. Una vez que esté abierto y funcional, la iniciativa C³ estará usando iClimiateBuild para monitorear la temperatura y la humedad de la estructura para rastrear cómo se comporta con el tiempo el delgado aislamiento Slentite de alto rendimiento del edificio. The Cube es una de las seis estructuras de hormigón textil de carbono en Europa que se medirá de esta manera. Hoy, cualquiera puede unirse a la iniciativa C³ sin importar donde esté en el mundo. Tietze dice que 160 universidades y compañías privadas están involucradas en la investigación del hormigón textil de carbono y construcción con este recurso en este momento, y 130 proyectos de construcción en todo el mundo han empleado la innovadora técnica de construcción hasta aquí.

“Cada 12 años, tenemos mil millones más de personas que necesitan buenos hogares”, dice Curbach. “Entonces, habrá más edificios en el futuro. Pero necesitamos crear edificios neutrales en carbono”.

Deborah Huso, Es directora creativa y socia fundadora de WWM, Charlotesville VA, Estados Unidos, ella ha escrito una variedad de publicaciones comerciales y de consumo como Precast Solutions, US News & World Report, Concrete Construction y Contruction Business Owner. Ella ha proporcionado desarrollo de sitios web y estrategias de contenido para varias compañias Fortune 500 incluidas Northfolk Southern and GE

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

Título: Avances de TU Dresden contrucción de concreto textil-reforzado

Traductor:
Pedro Astudillo

Revisor Técnico:
Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín

ARTÍCULO

2 DOS

El cemento de arcilla calcinada abre caminos en la reducción de emisiones de carbono

por Andrea Schokker y Karen Scrivener

A medida que los efectos del cambio climático se hacen más evidentes, el cemento y el concreto son cada vez más parte de la conversación, dado que contribuye entre el 6 y 8% de las emisiones globales de CO_2.[1] La crisis climática ha movilizado a la industria a considerar tecnologías que puedan reducir satisfactoriamente tanto en el corto como mediano plazo. Con el objetivo de mantener el incremento de la temperatura global por debajo de 2°C (3.6°F) sobre los niveles preindustriales, se han introducido novedosos enfoques al problema.[2]

Uno de los procesos que ha producido resultados sustanciales es el uso de cemento de arcilla calcinada (LC3). El LC3 contiene aproximadamente 50% de cemento portland ordinario (CPO), proveyendo la misma facilidad en uso y resistencia que CPO, y es la forma más efectiva para reducir la cantidad de clínker utilizado. El LC3 ofrece una aproximación técnica y económica para reducir el uso de clínker en la industria del cemento en una escala global. El uso de LC3 puede ahorrar hasta un 40% de las emisiones de CO2 comparadas con las del cemento portland ordinario (CPO) Adicionalmente, es importante anotar que la confiabilidad y versatilidad de la combinacion de clinker con arcilla calcinada abre una posibilidad de uso y aceptación en mercados donde los cementos adicionados y las adiciones minerales son comunmente usadas.[3]

¿Qué es LC3?

El LC3 es una mezcla de dos materiales que, cuando combinados, tiene un efecto sinérgico. Permite la reducción de hasta la mitad del contenido de clínker, resultando en una reducción de hasta el 40% de las emisiones de CO_2. Junto con el ahorro en CO_2, el equipo existente puede ser usado, lo que es una gran ventaja en el proceso productivo. Aún cuando la línea de producción debe ser ajustada – porque se debe agregar caliza y arcilla calcinada – esta modificación es rápida. Un atributo positivo de este proceso, que no siempre se evidencia con otras soluciones, es que las arcillas muchas veces son subproductos del proceso de extracción mineral, lo que significa una eficiencia en el uso de recursos que reduce la cantidad de materiales usados en la producción de clínker.

Color y apariencia de arcillas sin procesar y calcinadas obtenidas con y sin el uso de procedimientos de control de color durante el proceso de enfriado (tomado de la Referencia 2).

Entonces, ¿cuáles son los componentes principales del LC3? La mezcla consiste en los siguientes materiales:

- **Clínker**–quemado a altas temperaturas, entre 1400 y 1500°C (2552 y 2732°F);
- **Arcilla calcinada** – quemado a aproximadamente 800°C (1472°F);
- **Caliza** – agregada sin ser procesada; y
- **Yeso** – agregado para controlara la reacción del aluminato.

LC3-50, la formulación más ampliamente investigada, típicamente contiene 50% clínker, 30% arcilla calcinada y 15% caliza; sin embargo, nótese que la relación entre arcilla calcinada y caliza puede variar. Los contenidos de clínker pueden también ser mayores o incluso menores, dependiendo de la aplicación.

El principal factor para decidir si una arcilla natural es apropiada para la producción de LC3 es su contenido de caolinita. Contenidos entre el 40 y el 60% son ideales y arcillas de mayor grado pueden ser diluidas para reducir la proporción arcilla a caliza en la mezcla. Al final, la resistencia resultante del LC3 es equivalente a la del cemento portland, desde edades de 3 a 7 días en adelante.[4]

El LC3 se ha sido usado en muchas regiones, con más de 25 aplicaciones ya construidas con LC3.

Ensayo de fabricación de bloques usando LC3.

Para asegurar la adecuada calcinación de la arcilla, el rango de temperatura ideal es entre 700 y 850°C (1292 y 1562°F). Adicionalmente, el color de la arcilla calcinada se puede controlar, cuando sea necesario, para reducir el color rojizo y hacer que el resultado se asemeje al del concreto tradicional. Esta es una tecnología bien conocida en la industria ladrillera.

La reducción de emisiones de CO_2 no es el único beneficio del uso de LC3; de hecho, algunas propiedades mejoran respecto a concretos elaborados con cemento portland ordinario (CPO). Una ventaja es la resistencia a la penetración de cloruros, que mejora drásticamente comparada con CPO. Eso hace que LC3 sea adecuado para el uso en ambientes agresivos. Otra característica notable es que el LC3 puede resistir la reacción álcali-sílice (ASR) incluso cuando se usan agregados altamente reactivos.

Cementos con Escoria y Ceniza Volante: Mercancías en Disminución

Los materiales cementantes suplementarios (SCMs) se usan generalmente junto con el CPO para contribuir a las propiedades del concreto endurecidos. La escoria y la ceniza volante han sido usados durante años por su beneficio no sólo para las propiedades del concreto, sino también porque reducen el consumo de cemento portland y, por ende, reducen la energía y emisiones asociadas a su producción. A pesar de los claros beneficios del uso de escoria y ceniza volante, LC3 puede mejorar los diseños de mezclas de concreto aún más. Uno de los lugares en los que esto se puede ver es en la penetración de cloruros. Una mezcla con escoria es mejor que una con únicamente cemento portland y usar

una con ceniza volante es aún mejor. Sin embargo, LC3 sobrepasa a todos proporcionando la mejor protección contra cloruros. Adicionalmente, como la ceniza y la escoria son subproductos de la combustión de carbón en hornos o de la producción de hierro fundido, respectivamente, se prevé que estos materiales serán cada vez más escasos en los próximos 10 a 20 años, a medida que cambien los métodos de producción. Esto incrementa inmediatamente la necesidad de desarrollar la tecnología del LC3 dado que los otros materiales de reemplazo no estarán disponibles como lo están hoy.

Dónde se hace cargo el LC3

Desde una perspectiva ambiental, la tecnología LC3 tiene el potencial de reducir sustancialmente las emisiones de CO_2 en la industria del concreto. Ello es evidente a partir de los cambios observados en los estudios iniciales. En 2009, la Agencia Internacional de Energía (IEA) reportó que habían proyectado que para el 2050, debido a la limitada disponibilidad de cementos con escorias y ceniza volante, solo sería posible reducir el factor promedio global de clínker por cemento al 73%.[5] Ahora bien, con LC3, la arcilla para calcinación está fácilmente disponible a nivel global, lo que implica que el factor de clínkers se puede reducir aún más. Usando LC3, una reducción promedio global de 60% implicaría una reducción de CO_2 adicional de 400 millones de toneladas métricas por año (440 millones de toneladas inglesas). El alto desempeño de la combinación de cenizas calcinadas y caliza permite una mayor reducción de clínker y emisiones de CO_2. Como se mencionó, una de las grandes ventajas de esta tecnología es que puede ser implementada inmediatamente usando las plantas existentes, manteniendo los costos de producción bajos. Debido a las necesidades urgentes fruto de la crisis climática, esto es de importancia significativa.

El potencial de reducción de CO_2 puede variar en función de las condiciones de calcinación y la proximidad de la fuente de arcilla. Las ganancias pueden ser de hasta el 40%. Debido a efectos del cambio climático, debe ser evaluada también globalmente. En los últimos 10 años, las compañías miembros de la Asociación Global del Cemento y Concreto han mostrado una tasa de sustitución general estancada alrededor del 20%. Desde una base técnica, sería sencillo incrementar la sustitución al 40%. Como se ha mencionado, si se hace con la mezcla de calcita, arcilla y caliza, los ahorros serían de 400 millones de toneladas métricas de CO_2 por año. Este es un estimado conservador e investigaciones recientes han mostrado que este monto puede ser tan alto como el 60% para el 2050, duplicando el potencial de ahorro de CO_2 a 800 millones de toneladas métricas (880 millones de toneladas inglesas) de CO_2 por año .

Este es un ahorro tremendo. En la actualidad no existe otra tecnología disponible en la industria del cemento y concreto que pueda suministrar reducciones de CO_2 a ese nivel. La reglamentación en Europa ha visto los cambios para necesarios para incluirlo en la normativa. En Norte América se permite contenidos de clínker tan bajos como 45% para la combinación de arcilla calcinada y caliza con la norma ASTM C595, “Especificación Normalizada para Cementos Adicionados Hidráulicos”, que también está en uso en gran parte de Latinoamérica. Ello permitiría el uso de LC3-50.

Yendo hacia adelante

LC3 se está poniendo de moda y ha obtenido la mayor atención del sector industrial. Economías emergentes, como Latinoamérica, Asía y África han mostrado el mayor interés inicial debido a la gran demanda de edificios e infraestructura. Actualmente, 25 compañías de más de 40 países han mostrado un gran interés en la tecnología LC3. Ha ganado atracción en Europa y está siendo introducida en Estados Unidos.

La temática LC3 ha atraído interés de científicos e investigadores a nivel mundial, que ahora colaboran para implementar la tecnología y acelerar la reducción de CO_2. Esto equivale al 1% de todas las emisiones mundiales de CO_2.

Referencias

1. Boden, T.; Andres, B.; and Marland, G., "Global CO_2 Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751- 2013," Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN, 2016.

2. Zunino, F.; Martirena, F.; and Scrivener, K., "Limestone Calcined Clay Cements (LC3)," ACI Materials Journal, V. 118, No. 3, May 2021, pp. 49-60

3. Limestone Calcined Clay Cement, École Polytechnique Fédérale de Lausanne Laboratory of Construction Materials (LMC), Lausanne, Switzerland, lc3.ch.

4. Fernandez, R.; Martirena, F.; and Scrivener, K.L., "The Origin of the Pozzolanic Activity of Calcined Clay Minerals: A Comparison Between Kaolinite, Illite and Montmorillonite," Cement and Concrete Research, V. 41, No. 1, Jan. 2011, pp. 113-122.

5. "Cement Technology Roadmap: Carbon Emissions Reductions up to 2050," Technology report, International Energy Agency, Paris, France, Oct. 2009, www.iea.org/reports/cement-technology-roadmap-carbonemissions-reductions-up-to-2050.

Andrea Schokker, FACI, es consultora técnica senior y consejera para la junta de NEU: Centro del ACI para la Excelencia para Concreto Carbón Neutro. Sus áreas de pericia técnica son concretos pretensados así como la sostenibilidad y resiliencia de estructuras de concreto. Recibió su doctorado en ingeniería estructural de la Universidad de Texas en Austin, Austin, TX, USA,

Karen Scrivener, es miembro del ACI y Profesora de materiales de construcción en la École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suiza, donde lidera el proyecto LC3. Sus intereses de investigación incluyen la microestructura de materiales cementantes, hidratación del cemento, y cementos sustentables. Recibió su PhD del Imperial College London, Londres, Reino Unido, en 1984.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Colombia

Título: El Cemento de arcilla calcinada introduce caminos en la reducción de emisiones de carbono

Traductor y Revisor Técnico:
Gonzalo E. Gallo, PhD

ARTÍCULO

3 TRES

Conversión de edificios en estructuras de almacenamiento de carbono.

Universidad de Pensilvania recibirá fondos para investigación.

La Universidad de Pensilvania (Penn) ha sido seleccionada para recibir 2,4 millones de dólares en fondos de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada del Departamento de Energía de EE.UU. (ARPA-E). El financiamiento es parte del programa ARPA-E HESTIA, que prioriza superar las barreras asociadas con los edificios que almacenan carbono, incluidos los materiales de construcción escasos, costosos y geográficamente limitados. El objetivo del programa «HESTIA» es aumentar la cantidad total de carbono almacenado en los edificios para crear sumideros de carbono, que absorben más carbono de la atmósfera que el liberado durante el proceso de construcción.

Penn, en colaboración con la Universidad de Texas A&M, el City College de Nueva York, Kieran Timberlake y Sika, diseñará estructuras de edificios de tamaño mediano con emisiones de carbono negativas mediante el desarrollo de un sistema estructural de alto rendimiento para la absorción y el almacenamiento de carbono durante la vida útil de los edificios.

“Estamos adoptando un enfoque multiescalar para minimizar el impacto del uso de hormigón, que es el material de construcción más ubicuo a nivel mundial”, dijo Masoud Akbarzadeh, director del Laboratorio de Estructuras Poliédricas y Profesor Asistente de Arquitectura, Escuela de Diseño Weitzman en Penn. “Mientras que en el nivel macro, estamos introduciendo un sistema estructural innovador y eficiente, en el nivel micro, estamos reinventando la receta para que el concreto absorba el carbono. Los resultados de esta investigación podrían aplicarse a una estrategia integral de diseño de edificios para todo tipos de edificios”.

El equipo utilizará una nueva mezcla de hormigón absorbente de carbono como material de construcción, y diseñará y ensamblará un sistema estructural de alto rendimiento con un área de superficie maximizada y una masa y residuos de construcción minimizados. Las piezas serán prefabricadas mediante tecnología de impresión robótica tridimensional (3-D).

“La geometría es lo que hace que los diseños de nuestro equipo sean únicos, tanto en las estructuras impresas como en la formulación del hormigón absorbente de carbono. Al usar también materiales de base biológica, nuestras estructuras no solo almacenarán carbono, sino que ofrecerán capacidades de carga mejoradas”, dijo Shu Yang, profesor de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de Joseph Bordogna y presidente del Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas en Penn.

“La geometría correcta produce la eficiencia de las estructuras al reducir la cantidad de material, concreto, en este caso, utilizado y, en consecuencia, las emisiones de carbono. Combinar la forma correcta de estructura y material también ayudará a absorber más carbono de la atmósfera”, dijo Mohammad Bolhassani, Director del Centro de Mampostería

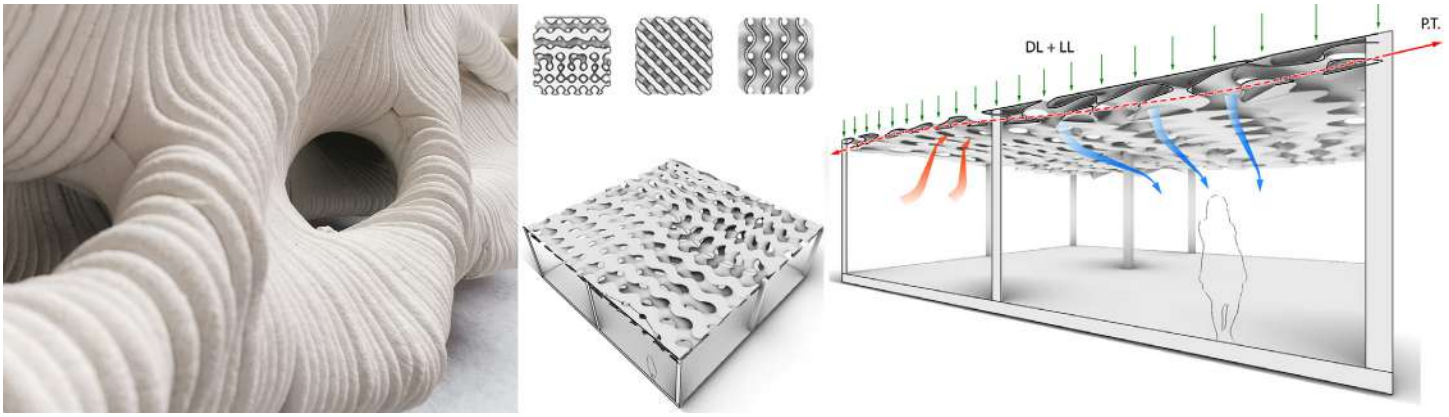

Figura. 1: Imagen del Laboratorio de Estructuras Poliédricas en Penn.

Avanzada en la Escuela de Arquitectura Bernard & Anne Spitzer, del Colegio de la Ciudad de Nueva York.

La investigación une los enfoques de diseño activo y pasivo para el rendimiento térmico.

El área de superficie aumentada de la nueva estructura de hormigón es beneficiosa para lograr rangos de temperatura de confort en interiores a través del almacenamiento de calor de masa térmica. “Combinaremos estrategias de ventilación natural con el sistema de losa de hormigón expuesto para lograr una reducción importante en la energía operativa del construyendo durante el ciclo de vida del edificio”, dijo Dorit Aviv, Directora del Laboratorio de Arquitectura Térmica, Escuela de Diseño Weitzman en Penn.

“El novedoso sistema de construcción combinará estrategias para explotar la masa térmica con envoltura adaptativa y sistemas de construcción electrificados que incluyen bombas de calor, para reducir las emisiones de carbono operativas durante el ciclo de vida del edificio”, dijo Zheng O'Neill, profesor asociado de Ingeniería Mecánica, J. Mike Walker '66 Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Texas A&M.

Será usado, un ciclo de retroalimentación de análisis de ciclo de vida integrado (LCA) de modelado de información de construcción (BIM) para identificar las estrategias combinadas para garantizar la negatividad del carbono de la cuna a la puerta y de la cuna a la tumba. “Nuestro equipo transdisciplinario participará en el desarrollo de materiales y sistemas de manera holística, desarrollando flujos de trabajo de LCA para comprender cómo los componentes del edificio contribuyen colectivamente al diseño de carbono negativo”, dijo Billie Faircloth, socia y directora de investigación de Kieran Timberlake.

El equipo del proyecto incluye a: Masoud Akbarzadeh, investigador principal (PI), Dorit Aviv (co-PI) y Shu Yang (co-PI) de Penn; Peter Psarras, profesor asistente de investigación en ingeniería química y biomolecular en Penn; Zheng O'Neil (co-PI) de la Universidad de Texas A&M; Mohammad Bolhassani (co-PI) del City College de Nueva York; Billie Faircloth (co-PI), KieranTimberlake y Ryan Welch, director, KieranTimberlake; y Didier Lootens, Jefe de Investigación y Desarrollo, Sika Suiza.

Reimpresión cortesía de Universidad de Pennsylvania.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de México Sureste

Título: Conversión de edificios en estructuras de almacenamiento de carbono

Traductor
Mtro. Josseph Eli Mandujano Z.

Revisor Técnico:
Dr. Daniel Hernández Cruz

ARTÍCULO 4 CUATRO

Concreto, Preguntas y Respuestas: Factores para cargas de viento a nivel de servicio

P De acuerdo al Apéndice C – Factores de Carga y de Reducción de la Resistencia Alternativos del ACI 318-11[1] y versiones anteriores, una combinación de carga está dada por la Ecuación (C.9-2), U = 0.75(1.4D + 1.7 L) + 1.6W, puede ser utilizado para estructuras cuando se usan cargas de viento a nivel de servicio. Debido a que este apéndice fue removido de ACI 318-14[2] y ACI 318-19,[3] ¿Podrían estos requerimientos seguir utilizándose cuando se diseña con ACI 318-19?

R Los requisitos del ACI 318 están asociados con cargas muertas, cargas vivas, cargas por viento y sísmicas como las recomendadas en ASCE/SEI 7, "Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras." En 2002, los factores de reducción de carga y resistencia del ACI 318 se revisaron para estar alineados con los de ASCE 7-02.[4] Los cambios fueron realizados para unificar aún más a los profesionales del diseño en un mismo grupo de factores de carga y combinaciones, y para facilitar el proporcionamiento de estructuras de construcción en concreto que incluyen elementos de materiales distintos al concreto.

En la versión del año 2010 de ASCE/SEI 7,[5] las cargas de viento fueron convertidas de nivel de servicio a nivel de resistencia (basado en cambios en los intervalos de recurrencia) y los factores de carga asociados fueron reducidos de 1.6 a 1.0. La transición se logró colocando primero, los factores de carga anteriores en el apéndice de ACI 318-11 y posteriormente, removerlos por completo en ACI 318-14. Tomar en cuenta, sin embargo, que ACI 318-19 todavía acomoda el uso de cargas de viento a nivel de servicio en la Sección 5.3.5. Si el diseño de la construcción es para los Estados Unidos de América, entonces ASCE/SEI 7 será referenciado por el código general de construcción. No obstante, en otros países, las cargas de viento de ASCE/SEI 7 no serán aplicables y deben obtenerse del código general de construcción de ese país. ACI 318 puede ser aplicado con las advertencias de la sección R5.2.1 de ACI 318-19 adaptando las modificaciones que el código puede necesitar para reflejar las diferencias en el código general de construcción y ASCE/SEI 7.

Concreto, Preguntas y Respuestas: Longitud de estirado del anclaje, camisas, y profundidad efectiva

P De acuerdo a la figura 1 (Figura R17.10.5.3 en ACI 318-19[1]), el espesor de la almohadilla de mortero se incluye al calcular la longitud de estirado. ¿Es esto correcto? ¿Si se utilizan camisas, pueden ser rellenados con morteros de inyección? ¿Cuál es la profundidad efectiva (h_{ef}) de un anclaje con camisa?

R El espesor de la almohadilla de mortero no afecta la resistencia a tensión del anclaje ni restringe el alargamiento del anclaje; por lo tanto, se incluye en la longitud de estirado.

El anclaje debe ser capaz de estirarse libremente sin ninguna restricción o limitación. Si una camisa se rellena con un material que no provee ninguna resistencia (por ejemplo, un fluido) entonces el anclaje se puede estirar. La camisa se puede rellenar si se garantiza un estiramiento libre del anclaje (sin fricción) o que se garantice la ruptura de adherencia entre el anclaje y el material de relleno. En general, no se necesita una camisa si se provee la ruptura de adherencia entre el substrato "concreto" y el anclaje.

En cuanto a la última pregunta, la profundidad efectiva (h_{ef}) para arrancamiento es donde la cabeza del anclaje se encuentra con el concreto y provee resistencia contra el arrancamiento del concreto (en tensión). La profundidad efectiva es la distancia de la superficie de concreto a la cara interior de la cabeza del anclaje (como se muestra en la figura 2).

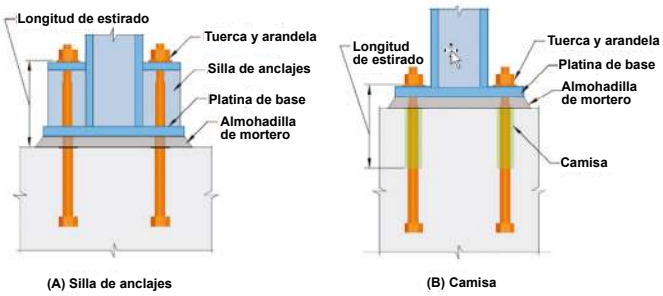

Figura. 1: Longitud de estirado:
(a) Sillas de anclajes; y
(b) Camisa (Figura R17.10.5.3 en ACI 318-191)

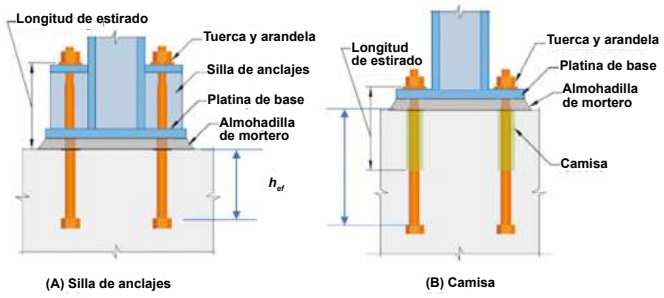

Figura. 2: Profundidad efectiva (hef) para arrancamiento:
(a) Sillas de anclajes; y
(b) Camisa

Referencias

1.1 ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2011, 503 pp.

1.2 ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (ACI 318R-14),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 519 pp.

1.3 ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.

1.4 ASCE 7-02, “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures,” American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, VA, 2002, 376 pp.

1.5. ASCE/SEI 7-10, “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures,” American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, VA, 2010, 657 pp.

2.1 ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Guatemala

Título: Concreto, Preguntas y Respuestas: Factores para cargas de viento a nivel de servicio / Longitud de estirado del anclaje camisas y profundidad efectiva

Traductor y Revisor Técnico:
Ariel Osorio

CONCRETO
LATINOAMÉRICA