

# Noticreto

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

N° 139

**PALAZZO ITALIA EN MILÁN:**  
Una fachada que captura  
la contaminación

**PANELES PREFABRICADOS  
TEMPORALES Y CONCRETO  
AUTOCOMPACTANTE:**  
Reemplazo acelerado  
de pavimentos

**AEROPUERTO BRISBANE  
WEST WELLCAMP**  
Concreto con geopolímeros  
para pistas aeroportuarias

TARIFA POSTAL REDUCIDA SERVICIOS POSTALES NACIONALES S.A. N° 2016-150, 4-72, VENCE DIC. 31 - 2016 - ISSN 0120-8489

EDICIÓN ESPECIAL

*Avances y últimas tendencias  
en la tecnología del concreto*

UNA PUBLICACIÓN DE

Asocreto



7 709995 000479  
COLOMBIA \$18.000





Doble calzada Bogotá - Villavicencio

# Sika, SU SOCIO ESTRATÉGICO EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Aportando tecnología para mejorar la competitividad del país.

[web.col.sika.com](http://web.col.sika.com)

**CONSTRUYENDO CONFIANZA**





Apreciado constructor, ahora las soluciones de iluminación para sus proyectos de construcción las puede adquirir en **Gas Natural Fenosa**.

Nuestra alianza con Philips y Sylvania nos permite ofrecerle precios muy competitivos.

Llame al  
**650 2012**  
opción 4 o escriba a  
[gnsoluciones@gasnatural.com](mailto:gnsoluciones@gasnatural.com)

y pregunte por los beneficios económicos y planes de financiación.

**gasNatural**  
**fenosa**



# En Gas Natural Fenosa se hizo la luz

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

**100%**  
**financiación**



**PHILIPS**

**SYLVANIA**  
by FEILO SYLVANIA

Usted es una persona importante para  
**Gas Natural Fenosa**

Para alguien especial un detalle, para una persona importante **355 detalles**.

Por eso hemos creado la Biblioteca de Detalles Constructivos. Espérela.

[www.gasnaturalfenosa.com.co](http://www.gasnaturalfenosa.com.co)



Materiales de Construcción, Estructuras, Suelos y Pavimentos,  
Patología y Durabilidad, Técnicas de Análisis, Metrología,  
Prefabricados, Asesorías en Calidad, Capacitación

# Laboratorio del Concreto



- Más de 20 años ejecutando ensayos
- Más de 150 clases de ensayos mediciones, pruebas y servicios
- Más de 300 clientes en Colombia y países de la región han confiado en nuestros servicios

+ de **30** ensayos  
acreditados

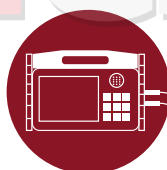


ISO/IEC 17025:2005  
12-LAB-043

Ingrese a la página [www.onac.org.co](http://www.onac.org.co) para consultar las actividades cubiertas por la acreditación del ONAC



**Ensayos para patología de estructuras de concreto**  
corrosión, ensayos químicos, reactividad potencial y otros.



**Instrumentación para estructuras y pavimentos**  
de interés para supervisores, interventores, entidades de control y contratistas.



**Georradar y escáner para estructuras y suelos**  
de interés para geotecnistas, geofísicos, industria petrolera y de conducción de aguas, patólogos, etc.



**Entrenamiento avanzado de personal para laboratorio de materiales**  
de interés para laboratorios comerciales y de productores de materiales, contratistas, universidades y entidades públicas.



**Disponibilidad para el montaje y ejecución de servicios internacionalmente**  
utilizando normas aceptadas por la OMC.



**Ensayos químicos y métodos analíticos**

**Asesorías en ISO/IEC 17025**

[www.asocreto.co](http://www.asocreto.co)

Calle 79B - # 51 - 45, Bogotá - Colombia  
PBX: (+571) 610 0797

Correo electrónico: [laboratorio@asocreto.org.co](mailto:laboratorio@asocreto.org.co)





# » Un reto, Una solución

Soluciones para megaproyectos de Infraestructura

Proyecto: Central Hidroeléctrica Carlos Lleras Restrepo

Premio Nacional de Ingeniería 2016

- Aditivos para Concreto
- Membrana Projectada de Impermeabilización
- Grouts



Fotos cortesía de Mincivil S.A.

Obra: Proyecto Hidroeléctrico Carlos Lleras Restrepo • Hidroeléctrica del Alto Porce SAS • Espéctrica del Alto Porce SAS ESP – HIDRALPOR

[www.master-builders-solutions.basf.com.co](http://www.master-builders-solutions.basf.com.co)  
Tel: +571 634 2099

**BASF**  
We create chemistry



# Conozca

el portafolio de capacitaciones  
del **Instituto del Concreto**

Para el **2017**

**Instituto  
del Concreto**

Actualización y capacitación en  
tecnología del concreto

## ACTIVIDADES PRESENCIALES

| ACTIVIDADES PARA PROFESIONALES                  |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>NIVEL DIRECTIVO</b>                          | Infraestructura<br>Finanzas<br>Gerencia<br>Calidad                                                                                                                    | Estructuración de proyectos de APPS en infraestructura<br>Conceptos financieros para ingenieros*<br>Desarrollo de competencias gerenciales en proyectos de edificaciones e infraestructura*<br>Sistemas de administración de calidad*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>MATERIALES</b>                               | Calidad<br>Calidad<br>Calidad<br>Edificaciones                                                                                                                        | Problemas y soluciones en el manejo del concreto en obra<br>Análisis de ensayos de laboratorio: materiales, concretos y morteros, suelos y pavimentos, patología y metrología<br>Jefes de laboratorio de materiales<br>Ensayos de aptitud. Su impacto en los laboratorios de materiales<br>Tecnología del mortero                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>EDIFICACIONES</b>                            | Edificaciones<br>Edificaciones<br>Edificaciones<br>Edificaciones<br>Diseño<br>Seguridad                                                                               | Sistema industrializado para construcción de edificaciones*<br>Residentes de obra<br>Cómo cumplir la nueva ley de vivienda<br>Control de humedades en edificaciones*<br>Protección de estructuras de concreto contra el fuego<br>Seguridad industrial en obras de concreto*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>INFRAESTRUCTURA</b>                          | Prefabricados<br>Prefabricados<br>Prefabricados<br>Prefabricados<br>Prefabricados<br>Puentes<br>Puentes<br>Túneles<br>Pavimentos<br>Pavimentos<br>Gerencia<br>Calidad | Prefabricados de concreto<br>Sistemas de construcción acelerada de puentes (ABC)*<br>Diseño y construcción de espacio público con prefabricados*<br>Cómo afrontar el diseño y construcción de puentes prefabricados*<br>Competitividad de puentes prefabricados<br>Diseño y construcción de sistemas de alcantarillado*<br>Ingeniería de Puertos y Terminales<br>Tendencias actuales. Puentes y Viaductos*<br>Túneles*<br>Bases tratadas con cemento*<br>Pavimentos de concreto<br>Estructuración de proyectos de APPS en infraestructura<br>Análisis de ensayos de laboratorio: suelos y pavimentos |
| <b>ARQUITECTURA</b>                             |                                                                                                                                                                       | Concretos arquitectónicos y decorativos*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>PATOLOGÍAS DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>    | Patología<br>Edificaciones<br>Infraestructura<br>Calidad                                                                                                              | Patología de estructuras de concreto<br>Soluciones a problemas constructivos en edificaciones e infraestructura<br>Análisis de ensayos de laboratorio: patología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>SISTEMAS DE CALIDAD</b>                      |                                                                                                                                                                       | Ensayos de aptitud. Su impacto en los laboratorios de materiales<br>Sistemas de calidad para laboratorios. ISO 17025<br>Estimación de incertidumbre<br>Control metrológico y trazabilidad<br>Validación y confirmación en métodos de ensayo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ACTIVIDADES PARA MAESTROS, TÉCNICOS Y OPERARIOS |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>MAESTROS</b>                                 | Materiales<br>Construcción<br>Construcción                                                                                                                            | Cómo mezclar y cuidar el concreto en la obra*<br>Construcción de edificaciones de 1 y 2 pisos basado en la NSR-10 Título E*<br>Construcción con mampostería de concreto*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>CALIDAD</b>                                  |                                                                                                                                                                       | Curso Ensayos de laboratorio: Materiales, Concretos y morteros, Suelos y pavimentos, Patología, Metrología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Programa sujeto a cambios sin previo aviso \* Los cursos que tienen un asterisco, están sujetos a cupo mínimo de inscripción

Consulte las actividades virtuales del Instituto del Concreto en convenio con Structuralia en nuestra página web

## ACTIVIDADES INTERNACIONALES

|                                                                |
|----------------------------------------------------------------|
| International Concrete Sustainability 2017                     |
| Gerencia Integral de Industria de Concreto GIIC I              |
| 8 al 12 de mayo de 2017 - Barranquilla, Colombia               |
| Semana Internacional de la Patología                           |
| 7 al 12 de junio de 2017 - Barranquilla, Colombia              |
| 8º Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto. FIHP     |
| 19 al 21 de julio de 2017 - Antigua - Guatemala                |
| 5to Congreso Internacional. Ingeniería de Puertos y Terminales |
| 28 y 29 septiembre de 2017 - Cartagena Colombia                |
| 6to Congreso Internacional. Prefabricados de concreto          |
| 2 y 3 de noviembre de 2017 - Bogotá, Colombia                  |
| Reunión del Concreto 2018.                                     |
| 19 al 21 de septiembre de 2018 - Cartagena, Colombia           |

## CURSOS A LA MEDIDA

|                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Desarrollo de competencias gerenciales en proyectos de edificaciones e infraestructura |
| Afrontando clientes difíciles                                                          |
| Importancia de las comunicaciones en los proyectos                                     |
| Planificación y control de Proyectos de Ingeniería                                     |
| Claves para el éxito personal y profesional                                            |
| Fundamentos de Gerencia de Proyectos                                                   |
| Elaboración y operación de Indicadores de Gestión                                      |
| Análisis, mitigación y control de riesgos en proyectos                                 |
| Conceptos financieros para Ingenieros                                                  |

## SERVICIOS

|                                  |
|----------------------------------|
| Cursos empresariales a la medida |
| Organización de eventos          |
| Gestión académica de eventos     |

www.asocreto.co

Calle 103 # 15 - 80, Bogotá - Colombia

PBX: (+571) 618 0018

Correo electrónico: asocreto@asocreto.org.co





# CONOZCA LA TECNOLOGÍA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS GRANDES OBRAS

PINTUCO® TRAE LA NOVEDOSA TECNOLOGÍA **AUTO-SELLANTE KRYTON®** QUE IMPERMEABILIZA SU CONCRETO **DEFINITIVAMENTE.**



Única tecnología capaz de auto-sellar fisuras nuevas que aparezcan.



Impermeabiliza a altas presiones hidrostáticas.



Certificaciones: NSF/ANSI Standard 61, British Board of Agreement (BBA), Mercado Europeo CE, International Code Council ICC-ES, Estándar GB (SAC).



Marina Bay Sands, Singapur



City Center, Las Vegas, USA



Hotel Atlantis, Dubái, Emiratos Árabes Unidos



False Creek, Vancouver, Canada

**DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA COLOMBIA**

[www.pintuco.com](http://www.pintuco.com)



@pintucocolombia

Servicio al cliente

pintucocolombia



pintucocolombia

018000 111 247

Desde Medellín al 325 25 23  
Pintuco Colombia S.A



**CONSTRUCCIÓN**



**Noticreto 139**

NOVIEMBRE - DICIEMBRE DE 2016

**NUESTRA PORTADA**

Palazzo Italia en Milán.

Foto: Flickr - Marco Carradore

**DIRECTOR ASOCRETO**

Manuel A. Lascarro M.

**DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES**

Omar Javier Silva Rico, Jefe de Publicaciones

Claudia Andrea Carreño Cordon, Ingeniera de Publicaciones

**COLABORADORES**

Jamshid Armaghani, Yessika Artunduaga,  
Diego Castiblanco, Lina Cure, Verónica Echeverry,  
Jaime Gomezjurado, Luis Eduardo León,  
Soledad Moliné, Antonio Nanni,  
Miguel Santamaría, Eduardo Vidaud,  
Ingrid Vidaud.

**DIRECTORA COMERCIAL Y SERVICIO AL CLIENTE**

María Isabel Páez Vallejo

**PRODUCCIÓN GRÁFICA**

Martha E. Zua

**DISEÑO**

Michael Andrés Reyes Aristizábal

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

Leonidas Arango

**PREPrensa**

Elograf

**IMPRESIÓN**

Panamericana Formas e Impresos S.A.

**SUSCRIPCIONES**

comercial@asocreto.org.co

servicioalcliente@asocreto.org.co

PBX: (571) 6180018 Ext. 102 - 106



CEMENTO CONCRETO PREFABRICADOS

Calle 103 # 15-80 Bogotá, Colombia

PBX (571) 6180018 / PBX (571) 7560990

noticreto@asocreto.org.co www.asocreto.co

Código Postal: 110111

8

© PATRICK LOPEZ JAMES / DANISTEK



14

FLICKR - ISRAEL ENCALADA



Publicación de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto con carácter técnico e informativo para el sector de la construcción. Resolución Ministerio de Gobierno 00590 del 3 de marzo de 1987. Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacionales S.A. N° 2016-150, 4-72, vence 31 de diciembre de 2016 - ISSN 0120-8489. Costo unitario de la revista \$18.000 Para información sobre suscripciones comuníquese directamente con la Asociación al PBX 6180018 o visite nuestra página web [www.asocreto.org.co](http://www.asocreto.org.co).

La información, conceptos u opiniones expresados en esta publicación, tanto en los artículos como en las pautas publicitarias, y el uso que se haga de ellos, no representan responsabilidad alguna para Asocreto o Noticreto, ni para el autor o su empresa. La información y conceptos deben ser utilizados por las personas interesadas bajo su criterio y responsabilidad. Sin embargo, se entiende que cualquier divergencia con lo publicado constituye un interés para Asocreto, por lo cual se agradecerá el envío de las correspondientes sugerencias. Asocreto no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los anunciantes a través de Noticreto, y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios anunciados en la revista, deberán ser atendidos con cada productor o distribuidor, según corresponda, quedando por tanto Asocreto liberado de cualquier responsabilidad que pueda derivarse por causa y/o efecto de la información que se suministre en Noticreto.

La reproducción total o parcial de los artículos de la revista se podrá realizar únicamente con previa autorización escrita de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO, citando fuentes, edición y fecha de publicación. Las imágenes tablas y esquemas suministrados por los autores de artículos han sido autorizados por ellos para ser incluidos en la revista.

La Asociación Colombiana de Productores de Concreto está conformada por: Apulo: Cemex Colombia • Armenia: Concretos Argos • Barrancabermeja: Concretos Argos • Barranquilla: Cemex Colombia, Concretos Argos • Bogotá: Cemex Colombia, Concretos Argos • Bucaramanga: Cemex Colombia, Concretos Argos • Cajicá: Concretos Argos • Cali: Cemex Colombia, Concretos Argos • Cartagena: Cemex Colombia, Concretos Argos • Cúcuta: Cemex Colombia • Fusagasugá: Concretos Argos • Ibagué: Cemex Colombia • Manizales: Concretos Argos • Medellín: Cemex Colombia, Concretos Argos • Montería: Concretos Argos • Pereira: Cemex Colombia, Concretos Argos • Popayán: Concretos Argos • Puerto Tejada: Concretos Argos • Sabana de Torres: Concretos Argos • Santa Marta: Concretos Argos • Sincelejo: Concretos Argos • Soacha: Concretos Argos • Soledad: Concretos Argos • Tolú: Concretos Argos • Valledupar: Concretos Argos • Villavicencio: Cemex Colombia, Concretos Argos • Villota: Cemex Colombia.



## ARQUITECTURA

- 8 Museo Internacional Barroco de Puebla, México: Un edificio que brota de la tierra como manantial que crece  
Con información de la revista Construcción y Tecnología en Concreto

- 14 Y el premio RIBA internacional 2016 es para... Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú

## PATOLOGÍA

- 20 Determinando el módulo de elasticidad dinámico del concreto: Ensayo de Pulso Ultrasónico  
Ing. Eduardo Vidaud Quintana,  
Ing. Ingrid Vidaud Quintana

## PAVIMENTOS

- 26 Aeropuerto Brisbane West Wellcamp. Concreto con geopolímeros para pistas aeroportuarias
- 30 Paneles prefabricados temporales y concreto autocompactante: Reemplazo acelerado de pavimentos  
Ing. Jamshid Armaghani

## REPORTAJE

- 36 "Las nuevas tecnologías están transformando la industria de la construcción": Anonio Nanni, presidente del departamento de ingeniería civil y ambiental de la Universidad de Miami

## ARTE EN CONCRETO

- 40 Puerto Norte Design Hotel

## PREFABRICADOS

- 42 Fachadas prefabricadas para edificios de gran altura  
Ing. Jaime Gomezjurado Sarria



CORTESÍA GLOBAL SUSTAINABLE SOLUTIONS



CORTESÍA PATRICIA AND PHILLIP FROST MUSEUM OF SCIENCE

## TECNOLOGÍA

- 48 Tecnología de aditivos para prefabricados de concreto  
Ing. Miguel Santamaría Prada

## SOSTENIBILIDAD

- 52 Palazzo Italia en Milán: Una fachada que captura la contaminación

## CONSTRUCCIÓN

- 56 Una arquitectura majestuosa impresa en una construcción excepcional: Patricia & Phillip Frost Museum of Science

## LABORATORIO

- 64 La medición y el control en los concretos de última generación  
Ing. Lina Margarita Cure Bojanini

## NOVEDADES

## EVENTOS

## HUMOR

## SOFÍA EN LA OBRA



# Museo Internacional Barroco de Puebla, México: Un edificio que brota de la tierra como manantial que crece

Con información de la revista Construcción y Tecnología en Concreto del IMCYC





El Museo Internacional Barroco (MIB) invita a escuchar el susurro del tiempo. Espacios de concreto que fluyen y desembocan en el diálogo entre el hombre y la naturaleza, en la comunión del aprendizaje y el paseo. Esta obra de arquitectura, diseñada por el arquitecto japonés Toyo Ito forma parte del Plan de infraestructura turística y cultural del gobierno de Puebla. Esta obra se construyó con la idea de *"contribuir a generar en la ciudadanía un mayor interés en el arte y una mejor apreciación del valor que el arte aporta a la ciudad y a todo el país"*. Al mismo tiempo, el museo *"incita el turismo, el arte y el conocimiento, atrayendo a visitantes de México y del mundo"*.

↓ El Museo Internacional Barroco, en Puebla, México, fue diseñado por el arquitecto japonés Toyo Ito.  
FLICKR - CHRISTIAN RAMIRO GONZÁLEZ



### Antecedentes

El Museo Internacional Barroco, inaugurado en febrero de 2016, al sur de la ciudad de Puebla, México, es un asombroso ejemplo de la arquitectura en libertad del arquitecto japonés Toyo Ito. En una extensión de aproximadamente 18.000 m<sup>2</sup>, es posible descubrir, reflexionar y comprender mediante recursos visuales, gráficos e interactivos y, a través de la exposición de colecciones a nivel internacional, el barroco en la consolidación de la cultura dentro del ámbito de la música, el teatro, la arquitectura, la moda y la literatura. *"Para el nuevo museo no fue necesaria la tropicalización del proyecto. Su conceptualización fue específicamente para México. Desde su origen, el reto fue crear un lugar de diseño escultórico, fuerte y sencillo, sin proyectar un concepto nórdico de pieles tecnológicas complicadas"*, expresan los arquitectos Shuichi Kobari de Toyo Ito & Associates, Architects y Alejandro Bribiesca, de Estudio Arquitectura. Las expectativas fueron que *"en el MIB se introdujera mundialmente el Arte del Barroco, que bien puede decirse fue el primer estilo difundido internacionalmente"*, expresó el arquitecto Toyo Ito, en la memoria descriptiva del proyecto.

### Así se fraguó el MIB

Para el concepto arquitectónico, el creativo se sumergió en el mundo y secretos del barroco. En la memoria descriptiva del proyecto, Toyo Ito expresa que *"es muy difícil definir en una sola palabra el arte del barroco. Si pensamos en la historia del arte, podemos decir que es un estilo que quiere romper con las estrictas reglas impuestas por el Renacimiento y, al mismo tiempo, surge como una Contrarreforma que se une con el movimiento religioso, intelectual y político. Geográficamente hablando, podemos decir que gracias a la Era de los descubrimientos, el arte barroco se extendió internacionalmente; socialmente, este arte se desarrolló para ser disfrutado en todas las artes: pintura, escultura, arquitectura, música, teatro, literatura, gastronomía por la burguesía como por los plebeyos. El Arte Barroco abarca, moda; es un arte movido por el sentimiento. Así, es muy difícil entenderlo de manera teórica o racional; más bien debe ser una experiencia a ser vivida"*. Su introspección lo llevó al concepto creativo: *"Pensando en todo esto, me propuse tres directrices a la hora de diseñar el Museo*



a partir de un orden rígido, éste se funde creando fugas. El espacio resultante creado tiene una impresión de fluidez". Pero, materializar las ideas del diseñador nipón no fue tarea sencilla. La fórmula: la convergencia de profesionales mexicanos y japoneses. Estudio Arquitectura participó junto con el despacho de Toyo Ito and Associates en la fase del desarrollo del proyecto ejecutivo, y en la supervisión arquitectónica de la edificación. Los creativos Shuichi Kobari y Alejandro Bribiesca revelan que "el desarrollo del proyecto ejecutivo, las diversas ingenierías y la construcción fueron actividades realizadas por profesionales mexicanos que estuvieron a la par de un proyecto y una obra arquitectónica de máxima complejidad en donde el tiempo fue uno de los mayores retos". Cabe señalar que se trabajó con la tecnología local hasta la escala del mobiliario. Y es que, entre bordados y tejidos producto de la imaginación, las manos, el talento y la técnica que fluye como herencia cultural ancestral de las artesanas del pueblo de Hueyapan, surgió parte del mobiliario del MIB, develan los mismos creativos.

### Obra en movimiento

El MIB es una obra arquitectónica que -a decir del propio Toyo Ito, es "un edificio que brota de la tierra como un manantial que crece".... En la ciudad y en la arquitectura contemporánea se huye del diálogo con la naturaleza -afirma el arquitecto nipón- y "se intenta controlar el interior expulsando y poniendo

barreras al exterior". Esta filosofía antropocentrista en la arquitectura se traduce en una trama funcional. Si pensamos en el movimiento Barroco que rompió con la visión del humano como centro del universo del Renacimiento para pasar a una relación Dios-humano, se puede observar que se está produciendo una tendencia similar, en la época que vivimos: la búsqueda de la relación de las personas con la naturaleza. Dicha búsqueda es uno de los temas más importantes de este siglo. En el MIB se rompe el orden rígido para conseguir espacios fluidos. El espacio no está dominado por frías tramas rígidas, sino que a partir de un orden que se funde se obtiene como resultado final un espacio fluido. En este sentido, agrega el creativo: "espero que cuando la gente pase de una sala a otra, experimente un espacio Barroco". Agrega que "en el arte barroco la luz simboliza una revelación de Dios ante la oscuridad de la ignorancia. En el proyecto del MIB la luz también adquiere un sentido especial. Al mirar la planta, que a primera vista parece un laberinto, vemos que cada sala está conectada a la siguiente mediante un domo de luz que las une a modo de cuentas de un rosario. El visitante encuentra el camino a la siguiente sala mediante las entradas de luz, de manera que no se pierde en el recorrido. El tipo de luz que entra en cada patio varía en función de la necesidad de las salas a las que une. Los visitantes podrán experimentar la luz que literalmente cae del cielo; será entonces cuando empezará el diálogo del hombre con el exterior (Naturaleza)".



↑ El Museo Internacional del Barroco, posee una ondulada y particular fachada principal que abarca una gran plaza que recibe a los visitantes. FLICKR-OLE STEFFENSEN



← Según el arquitecto Toyo Ito, diseñador del proyecto, el MIB es "un edificio que brota de la tierra como un manantial que crece". © PATRICK LOPEZ JAIMES / DANSTEK





Además, para crear una transición entre el MIB y el Parque Metropolitano, el lago está proyectado a modo de espejo de agua en las zonas cercanas a la entrada, y como estanque natural cuanto más cerca del parque. En esta última zona se colocó vegetación acuática de manera natural en los bordes del lago, y se utiliza agua de una planta de tratamiento para introducirla en un circuito de espejos de agua, con pequeños saltos que ayudan a oxigenar dicha agua. Luego de pasar por este proceso de tratamiento, se introducirá al río Atoyac, contribuyendo en la limpieza del mismo.

Una gran escalera es la apertura a la investigación, educación y difusión del Barroco. La segunda planta, accesible a través de una gran escalera y elevadores, dispone de salas relacionadas con la investigación, educación y difusión del Arte Barroco. En esta planta el visitante podrá observar el proceso de restauración de las obras de arte barrocas, consultar la biblioteca especializada, con documentos originales, aprender en las salas del enlace educativo, o deleitarse de los sabores barrocos en el restaurante con una terraza con vistas al parque. También en esta planta se encuentra el Salón Internacional del Barroco, donde se reúnen expertos internacionales en esta época para simposios, etc.

Para que las exposiciones que se gesten en este museo sean de carácter fresco e innovador, se situaron las oficinas del Museo en un lugar privilegiado, en planta alta y con vistas al parque, de manera que puedan disfrutar de su creatividad desde este espacio de trabajo.

### El MIB y el cuidado del medio ambiente

Según información proporcionada, la relación MIB-medio ambiente, no es otra sino la relación del hombre con la naturaleza que brota de la tierra dando forma al museo. El solar del MIB se encuentra al norte del terreno del Parque Metropolitano, en los linderos de los Municipios de San Andrés de Cholula y de Puebla. Los ciudadanos pueden pasear por este Parque de manera agradable a la vez que profundizan su entendimiento del Medio Ambiente. Esta relación de aprendizaje-paseo que se da en el Parque Metropolitano fue la que se quiso crear en el MIB. La geometría del edificio que provoca espacios fluidos, con los pequeños patios de luz y las salas de exhibición del Arte Barroco conduce al desarrollo del diálogo entre la naturaleza y el ser humano. Esta idea se complementa con una propuesta tecnológica. Puebla tiene un clima prácticamente invariable a lo largo de las estaciones. Aprovechando esta situación favorable, para la climatización del Museo se empleó un sistema que usa el aire exterior para reducir la carga energética del edificio. En un edificio dominado por altos muros de concreto reforzado se diseñó la dimensión de las oberturas óptimas para el Museo.

### Una metáfora

Recorrer sus dos niveles de exposiciones es dejarse llevar a través de un manantial que fluye y se libera. El MIB dispone de dos niveles sobre rasante y un mezzanine. En la primera planta se distribuyen las funciones relacionadas con las exposiciones. Allí se ubican las taquillas, la tienda y un punto de información. Desde aquí se comunica con el vestíbulo de las exposiciones. La exhibición permanente contempla la visita a 8 salas. Además, las 8 salas, más una terraza exterior, se encuentran rodeando un gran patio interior de 1.800 m<sup>2</sup>, donde el visitante puede descansar de la vista cuando lo necesite. En este gran patio, dominando el espacio, se encuentra una gran fuente de agua cuyo motivo es un remolino. En el Barroco, el agua en movimiento es un tema recurrente; en el MIB es una metáfora que expresa el lugar de la génesis del Museo.

↓ Las losas, que son aligeradas con unas esferas huecas de polietileno reciclado (PET) en su interior, tienen en la mayoría de los casos espesor de 70 cm y son semi-prefabricadas con una prelosa para facilitar y acelerar la puesta en obra. CORTESÍA DESIGNTALK-TOYO ITO







◀ Para crear una transición entre el MIB y el Parque Metropolitano, el lago está proyectado a modo de espejo de agua en las zonas cercanas a la entrada, y como estanque natural cuanto más cerca del parque.

WIKIPEDIA-FRAGUANDO

### La estructura

La estructura del Museo está integrada por muros y losas prefabricados de concreto. Los muros constan de un componente prefabricado (exterior), y otro vaciado en sitio (interior). La parte prefabricada, conformada por dos caras de 65 mm de concreto blanco a modo de sándwich, hace las funciones de encofrado perdido y permite al mismo tiempo controlar el acabado final; la parte interior, colada en sitio con concreto gris, sirve para “coser” las piezas con armado de refuerzo, haciendo generando un muro monolítico.

A la superficie se le dio una leve textura abujardada para darle un acabado más atractivo y permitir la reparación de daños e imperfecciones causadas en obra. Los muros funcionan estructuralmente como elementos de carga, de 36 cm de espesor, incluyendo los dos paneles prefabricados. Las losas, que son aligeradas con unas esferas huecas de polietileno reciclado (PET) en su interior, tienen en la mayoría de los casos espesor

de 70 cm y son semi-prefabricadas con una prelosa para facilitar y acelerar la puesta en obra.

Como parte del sistema estructural –y a pesar de ser un edificio que se extiende horizontalmente– el Museo se compone de un único volumen totalmente rígido, lo cual aumenta la resistencia contra movimientos sísmicos. La cimentación transmite las cargas verticales sobre el terreno, fue construida como una zapata corrida y adapta su profundidad a las exigencias de los espacios exteriores.

En el lado oriental del edificio se sitúan las áreas de servicios internos del museo. Aquí se ubican en la planta baja, la zona de carga y descarga, la bodega de tránsito y el cuarto de cuarentena; y en la planta alta, la bodega de colecciones, el taller de restauración, los talleres y la bodega de museografía. Estos dos niveles están comunicados mediante un montacargas de dimensiones 7 x 4 m y 4 m de altura, con capacidad de 12 T. 



◀ A la superficie se le dio una leve textura abujardada para darle un acabado más atractivo y permitir la reparación de daños e imperfecciones causadas en obra.

FLICKR – CRISTIAN RAMIRO GONZÁLEZ



EL CENTRO ARGOS PARA LA INNOVACIÓN:  
**DONDE LA ARQUITECTURA Y LA CIENCIA  
SE UNEN PARA DESARROLLAR  
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.**



Centro Argos para la Innovación, Medellín.  
Diseño arquitectónico: Castro Arquitectos. Constructora: AIA S.A.

Cuando Lorenzo Castro fue invitado al concurso para construir una sede que uniera el esfuerzo de la academia con el de la empresa privada, su primera reflexión como arquitecto fue la posibilidad de multiplicar los sueños de quienes gestaron la idea.

Su planteamiento fue el de realizar una obra de arte de grandes dimensiones que fuese abierta y generosa hacia todos los habitantes del campus. Este proyecto, que utilizó concretos arquitectónicos y autocompactantes de Argos, es hoy una realidad académica y científica en la innovación de materiales para la construcción de hoy.

Conoce las historias de todos sus protagonistas y los aspectos técnicos de este proyecto, ingresando a [grandesrealidades.argos.co](http://grandesrealidades.argos.co)



**Argos. Luz Verde.**





Y el premio RIBA Internacional 2016 es para...

# Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú

La nueva sede de la Universidad de Ingeniería y Tecnología del Perú (UTEC), en Lima, se ubica en el distrito de Barranco. El edificio simboliza un futuro atrevido y positivo para la región, y se basa en el clima templado de la ciudad y el ambiente cultural.

## Noticreto



↑ El nuevo edificio de la Universidad de Ingeniería y Tecnología del Perú fue el ganador del premio RIBA 2016.  
FLICKR - ISRAEL ENCALADA





**Con un programa** arquitectónico basado en un campus universitario vertical, una firma de arquitectos de Irlanda, junto con una del Perú, diseñó el nuevo edificio de la Universidad de Ingeniería y Tecnología del Perú (UTEC). La condición única de Lima, la relación de la ciudad con el mar, los acantilados que definen sus límites y los valles verdes hacia el interior, fueron el punto de partida del diseño.

### Interactuando con Lima

Dada la ubicación de la UTEC, el campus se concibió como un acantilado hecho por el hombre, una continuación de los acantilados en el borde del mar para crear una topografía que se integra con el entorno que la rodea.

Hacia el norte el terreno se enfrenta a un sistema de vías de alto tránsito, pero también a una mayor extensión de la ciudad. Por esto, la fachada hacia el norte es uno de los principales aspectos de la edificación, visible desde la ciudad que la rodea y por el flujo vehicular, por lo que se busca consolidar la imagen de la universidad en la mente de quienes la ven.

Hacia el sur la edificación se escalona en una serie de jardines que buscan integrarse con su entorno. Desde el primer nivel hasta la “loggia”, el punto más alto, se teje el paisajismo a través de todo el edificio. Así, el proyecto representa una yuxtaposición entre lo creado por el hombre y lo orgánico. El paisajismo del campus fue cuidadosamente definido en relación con la humedad del ambiente, con los árboles de mayor altura

↑ El campus se diseñó como un acantilado hecho por el hombre.  
© IWAN BAAN

sobre el terreno natural, árboles de menor sección sobre las aulas y un tipo de desierto de piedras para el nivel de la “loggia”. Así, el paisajismo es integrado a la fachada sur para conseguir la percepción de un jardín vertical.

### Descripción de la edificación

El nuevo campus de la UTEC integra programas de posgrado y un Centro Cultural. Cuenta con auditorio, laboratorios de investigación, aulas, oficinas de investigación, biblioteca, salas de reuniones y áreas sociales que incluyen un teatro abierto al público, una sala de cine, espacios para exhibición, cafetería y restaurante.

El área de circulación ocupa los volúmenes y espacios hacia la Avenida Armendariz, con una íntima relación con la ciudad y el mar. En contraste, los ambientes de enseñanza se orientan hacia los jardines y terrazas que miran hacia Barranco.

**El campus se concibió como un acantilado hecho por el hombre, una continuación de los acantilados en el borde del mar**

En el nivel inferior se encuentran los ambientes públicos culturales de la universidad, el teatro y el cine, marcando el perímetro hacia la avenida. A estos se ingresa desde el espacio público principal en el primer nivel, y estos ambientes junto a la cafetería, buscan incentivar la interacción social y cultural con un vasto público.





↑ El concreto es el material predominante en este campus vertical.  
FLICKR - PLUSHOT

El centro de información al estudiante y escaleras centralizadas animan aún más el espacio de acceso principal. Los laboratorios especiales se encuentran en vitrina, como espacios de exposición, posicionados en el corazón del proyecto, involucrados con el movimiento diario del campus.

Los volúmenes de mayor escala se encuentran ubicados en los niveles bajos, con las áreas de enseñanza, administración y oficinas para profesores escalonados en los niveles superiores, donde también se encuentra la biblioteca, que goza de vistas panorámicas de la ciudad y el mar. Al igual que los niveles inferiores, el nivel superior y el techo también se han considerado como áreas de gran importancia social, gracias a las generosas áreas libres, laboratorios de grandes dimensiones y cafeterías con balcones sobre áreas sociales y paisajismo en las terrazas.

### Respuesta climática

El hall de circulación principal, mirando hacia la avenida y la ciudad, se beneficia por la orientación hacia el sol, y al mismo tiempo protege los ambientes educativos del ruido que produce la avenida.

Las áreas de terraza para enseñanza y la vegetación crean un microclima, permitiendo ambientes agradables de reunión y descanso en las terrazas, así como áreas de circulación resguardadas. La sección escalonada provee sombra a los espacios públicos y áreas de enseñanza durante el verano, y a la vez permite que la luz natural ingrese al interior de la edificación durante el invierno.

Los laboratorios, aulas y ambientes de enseñanza cuentan con ventilación cruzada. La masa térmica generada por el concreto a la vista será utilizada para enfriar y/o retardar la transferencia de calor durante los días más calurosos.

Adicionalmente se realizaron estudios de iluminación para garantizar un correcto nivel de luz natural durante los días nublados.

El área de circulación ocupa los **volúmenes y espacios** hacia la Avenida Armendariz, con una íntima relación con la ciudad y el mar.

↓ Áreas de circulación al interior de la UTEC.  
FLICKR - PLUSHOT





# Concreto en obra certificado

## Diseño estructural

Desde el punto de vista estructural, el edificio tiene una geometría y características bastante complejas y atípicas, entre las cuales están:

- Estructura irregular en planta.
- Estructura irregular en elevación.
- Diafragmas flexibles.
- Jardines y árboles en los niveles superiores.
- Grandes luces de vigas postensadas con peraltes reducidos (21 m).
- Grandes voladizos con vigas postensadas (mayores a 6 m).
- Gran masa de tabiquería de concreto por requerimientos arquitectónicos.
- No existen plantas típicas entre un piso y otro.
- El sistema es netamente aporticado en la dirección longitudinal del edificio.



↑ El nuevo edificio de la UTEC está compuesto por muros y pórticos de concreto reforzado.  
FLICKR - ERNESTO OLIVERA

Por los motivos antes mencionados, a fin de reducir la aceleración sísmica y por ende la demanda sísmica en la estructura de concreto armado, se emplearon aisladores sísmicos elastoméricos con núcleo de plomo, los cuales desacoplan en gran medida el movimiento del suelo hacia la estructura, reduciendo así las aceleraciones y demandas en los elementos estructurales.

Utilizar aisladores sísmicos permitió mitigar el efecto de las irregularidades propias de la superestructura, simplificando y haciendo predominantes los modos de vibración traslacionales en la dirección longitudinal y transversal del edificio, reduciendo considerablemente los modos torsionales. Además, se redujeron notablemente las derivas de entrepisos.

El sistema sismorresistente predominante en la dirección transversal está compuesto principalmente por muros de concreto y vigas de concreto reforzado y en la dirección longitudinal el edificio es básicamente aporticado.

La cimentación consistió en zapatas aisladas, conectadas, combinadas y cimientos corridos.

Para el análisis estructural se siguieron los parámetros establecidos en un estudio de amenaza sísmica, estudio de mecánica de suelos, y los parámetros de análisis y diseño establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones. El sistema de aislamiento sísmico se diseñó con base en la Norma ASCE /SEI 7-10 – *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles.

Dada la complejidad de la estructura, se efectuaron diversos análisis estructurales, empezando con los estáticos para tener un orden de magnitud de lo esperado, seguido de análisis espectrales y análisis no lineales tiempo historia, considerando en los dos últimos la flexibilidad de los diafragmas en cada uno de los entrepisos.

Al adquirir una planta OMEGA, usted puede producir el concreto más fresco que existe, en cualquier lugar donde se localice su proyecto, sin límite de horarios, y en las cantidades que desee.



## Productos y Servicios

- Venta, Garantía, Repuestos y Servicios de Planta Móvil de Concreto Omega.
- Alquiler de Plantas Omega.
- Maquila de Concreto con Materiales del Cliente.
- Suministro y Producción de Concreto Certificado, a Nivel Nacional.
- Aditivos Químicos para Concreto (BRK).



**INOMEGA SAS**  
INGENIERÍA Y CONCRETO OMEGA

Bogotá D.C.- Colombia  
Tels: (57) 1 4660025 - (57) 304 4060590  
[www.omegacolombia.com](http://www.omegacolombia.com)  
[info@omegacolombia.com](mailto:info@omegacolombia.com)





↑ Se realizaron estudios de iluminación para garantizar un correcto nivel de luz natural durante los días nublados.  
FLICKR - PLUSHOT

Se emplearon diversas calidades de concreto: 24 MPa en la cimentación, 27,5 MPa en columnas, placas, vigas, muros, losas y escaleras y 34 MPa para vigas postensadas.

El sistema sismorresistente predominante en la dirección transversal está compuesto principalmente por **muros de concreto** y **vigas de concreto** reforzado y en la dirección longitudinal el edificio es básicamente aporticado

Para garantizar las propiedades de los aisladores especificadas en el proyecto, cada uno de los dispositivos fueron ensayados en el laboratorio "Dynamic Isolation Systems", en Reno, Estados Unidos.

## Reconocimiento mundial de arquitectura

El premio RIBA Internacional tiene carácter mundial y está abierto a todos los arquitectos provenientes de cualquier país. Fue creado para celebrar la arquitectura civil que faculta a las personas y a las sociedades a innovar y a progresar.

Para el jurado "la UTEC es un ejemplo excepcional de arquitectura civil, un edificio que al observarse desde el barranco, es la más pura y audaz evidencia de la simbiosis que existe entre la arquitectura y la ingeniería que pueda imaginarse. Los arquitectos han creado una nueva forma de concebir un campus universitario, con esa estructura distintiva de campus vertical que responde a condiciones climáticas templadas y hace referencia al territorio y patrimonio del Perú. La UTEC es una adición excepcional a la ciudad de Lima y un proyecto que inspira a otros arquitectos y universidades de todo el mundo".

## Bibliografía

- [www.gcaq.com.pe/proyectos/2012-UTEC.html](http://www.gcaq.com.pe/proyectos/2012-UTEC.html)
- [www.archdaily.co/co/778711/universidad-de-ingenieria-y-tecnologia-utec-nueva-sede-grafton-architects-plus-shell-arquitectos](http://www.archdaily.co/co/778711/universidad-de-ingenieria-y-tecnologia-utec-nueva-sede-grafton-architects-plus-shell-arquitectos)

↓ Elementos de concreto que componen la estructura de la UTEC.  
FLICKR - MARCO SILVA NAVARRETE





# SUPERFICIES PERFECTAS

PROTECCION Y ALTO DESEMPEÑO

CONTINUAMOS INNOVANDO

## LINEA INDUSTRIAL PARA TRATAMIENTO EN PLANTA PROTECCION INTEGRAL POR ASPERSION INMERSION EN EL PROCESO DE FABRICACION

**GYP-SIL:** Hidrofugante para Páneles en Yeso

**PLY-SIL:** Hidrofugante para Fibrocemento

**BLOCK-SIL:** Control de Eflorescencias en Ladrillo Arquitectónico

**HIDRO-BLOCK:** Disminución de Absorción y Control de Eflorescencias en Bloques de Concreto

**HIDROSIL DIP:** Control de Eflorescencias en Tejas Cerámicas



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

## LINEA CAZAGOTERAS PRODUCTOS PARA AYUDAR A CONTROLAR HUMEDADES EXTREMAS

**NANOGEL:** Captura el Agua formando un Gel

**NANOMASTIK:** Membrana Impermeabilizante

**HIDROSELLO:** Para que la Humedad se Quede Afuera

**DUR-O-FLEX:** Sellador Impermeable para Juntas

**DRY SOIL:** Seca y Cristaliza

DIAGNOSTICOS Y APLICACIONES

VER FICHAS TECNICAS PARA CONDICIONES  
DE USO Y LIMITACIONES



**HiDRO** 25 Años  
protección

[www.hidroproteccion.com](http://www.hidroproteccion.com)

VENTAS NACIONALES Y EXPORTACIONES

PBX +57-1- 678 40 11, AUTONORTE 169-25

BOGOTA, COLOMBIA

ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certificación



ISO 14001

BUREAU VERITAS  
Certificación





Determinando el módulo de elasticidad dinámico del concreto:

# Ensayo de pulso ultrasónico

Ing. Eduardo de J. Vidaud Quintana  
Director Técnico, REM+E Ingeniería, México

Ing. Ingrid N. Vidaud Quintana  
Doctorado en Ciencias, Cuba



↑ El ensayo de ultrasonido permite determinar el módulo de elasticidad dinámico del concreto.  
ARCHIVO ASOCRETO



**Una de las propiedades** del concreto en zonas de alta sismicidad es el módulo de elasticidad, el cual resulta ser una constante elástica que relaciona los esfuerzos a los que está sometido el material con las deformaciones unitarias en el rango de comportamiento elástico, y representa la rigidez ante una carga impuesta sobre el mismo. En general, cuando la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria a la que está sometido el material es lineal, constante y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, tiene un comportamiento elástico que cumple con la Ley de Hooke. Podría considerarse que el concreto para bajos niveles de carga cumple dicha ley. Los materiales elásticos isótropos quedan caracterizados por un módulo elástico y un coeficiente elástico (o razón entre dos deformaciones). Es decir, conocido el valor de uno de los módulos elásticos y del coeficiente de Poisson, es posible determinar los otros módulos elásticos. Los materiales ortótropos o anisótropos requieren mayor número de constantes elásticas.

### Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es uno de los valores más importantes en el diseño de estructuras de concreto reforzado, puesto que influye de manera determinante en las deflexiones, las distorsiones de entrepiso y en la rigidez de una estructura. Asimismo, el uso masivo de concreto como principal material de construcción hace indispensable conocer todas sus propiedades mecánicas para lograr diseñar con acierto los proyectos de construcción. En general, un punto importante del análisis y el diseño de estructuras está asociado con las deformaciones que causan las cargas aplicadas a la estructura. Por esto resulta importante evitar las grandes deformaciones que puedan impedir que la estructura cumpla el propósito para el cual se concibió. Sin embargo, el análisis de deformaciones también

puede emplearse para calcular los esfuerzos asociados a cualquier tipo de acciones, lo que resulta especialmente importante en estructuras hiperestáticas. De acuerdo con lo expuesto, la estimación de los niveles de deformación en determinada estructura ante cualquier acción, estática o dinámica, está estrechamente relacionada con la rigidez del sistema y, por tanto, con el módulo de elasticidad.

### Ensayo de pulso ultrasónico

De otra parte, los ensayos no destructivos constituyen hoy en día una herramienta muy útil para determinar la calidad del concreto endurecido. Entre una gama variada de estos ensayos, el ultrasonido o método de medición de pulso ultrasónico se utiliza con éxito desde hace más de 50 años en muchos países. Es un método que día a día ha ido incrementando sus aplicaciones en el campo de la tecnología del concreto, como una alternativa de ensayo no destructivo. El método del ultrasonido fue desarrollado por primera vez en Canadá por Leslie y Cheesman entre los años 1945 y 1949. Fue empleado con mucho éxito desde la década de 1960 para diagnosticar el estado del concreto utilizado en cortinas de presas. En general, ASTM tiene hoy entre sus especificaciones a la ASTM C597 - *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*, que consigna las reglas para aplicar el método del pulso ultrasónico. La reglamentación británica también ha publicado algunas recomendaciones para medir de la velocidad de pulsos de ultrasonido en el concreto.

### Ventajas

Entre las ventajas del ensayo de pulso ultrasónico puede anotarse que, cualquiera que sea el medio de propagación de las ondas, se necesita una única medida para obtener un valor representativo. Es decir, la dispersión de este ensayo resulta muy baja.



← Calibración del equipo para ensayo de ultrasonido.  
ARCHIVO ASOCRETO



De otra parte, es un ensayo con elevada confiabilidad y fácil de realizar, sin dejar de lado que se refiere a uno de los ensayos no destructivos al concreto, con lo que, además, se garantizan repetitividad y versatilidad. Diversos autores consideran que, aunque este ensayo no permite evaluar directamente la resistencia del concreto, correlacionando las medidas ultrasónicas con la resistencia a partir de una combinación del método con calibración en laboratorio, podría ofrecerse una estimación de la resistencia característica del concreto ensayado con una precisión de  $\pm 20\%$ . El método del pulso ultrasónico se basa en un fenómeno físico muy bien conocido: la propagación de ondas en un medio material, el cual puede tornarse complejo cuando el medio de propagación es heterogéneo. Este hecho implica diferentes fases que componen al material, con diferentes propiedades elásticas relativas a la propagación de ondas, heterogeneidad que representa una limitación en el conocimiento de la forma del frente de onda, así como también en el camino seguido por ella.

Las ondas de sonido se propagan en los medios sólidos a partir de excitaciones vibratorias en forma de ondas longitudinales o de compresión, ondas transversales o de cortante, ondas superficiales o de Rayleigh, y las ondas de Lamb. La velocidad de estas ondas depende de las propiedades elásticas del medio en que se propagan, de manera que, conociendo la velocidad del sonido y la masa del sólido, es posible estimar las propiedades elásticas del medio, las cuales se pueden relacionar con los parámetros de calidad del material. Cada tipo de onda se caracteriza por su dirección, su velocidad y la energía transportada. Las diferentes velocidades de estas ondas se relacionan y dependen de los parámetros intrínsecos del material: módulo dinámico elástico, coeficiente de Poisson, módulo dinámico de cizalladura o de Coulomb  $G$ , y densidad. El método de ultrasonido se basa entonces

en la teoría de la propagación de las ondas compresionales en un medio infinito, homogéneo, isotrópico y elástico. De acuerdo con esta teoría física, la velocidad de las ondas depende principalmente de la densidad y de las características elásticas del medio que recorren, tal y como se relaciona en la Ecuación 1.

$$v = \sqrt{K \cdot \frac{E}{D}}$$

Ecuación 1

Donde:  $v$  es la velocidad de pulso ultrasónico,  $E$  es el módulo de elasticidad dinámico del medio y  $D$  es la densidad del medio; siendo  $K$  una constante que depende de la relación de Poisson del material.

El concreto es, por naturaleza, un material heterogéneo compuesto por cemento, agua, agregados y aditivos, cuyas propiedades evolucionan con el tiempo. Como se anotó, el método ultrasónico se adapta muy bien a los materiales homogéneos, como el acero, en los cuales es fácil determinar la trayectoria y el frente de onda; pero no ocurre así en los heterogéneos como el concreto. La onda longitudinal o de compresión se propaga perpendicularmente al plano del transductor emisor, y las oscilaciones de las partículas ocurren en la dirección de propagación de la onda. También denominada onda de presión o de densidad, se considera que la energía transportada por esta onda es la más importante respecto a los otros tipos. Este hecho se debe a que son estas las ondas más rápidas y las que ofrecen la máxima información posible sobre la estructura del concreto. La velocidad de propagación de la onda en un medio no heterogéneo como este material, viene dada entonces por la Ecuación 2.

$$v = \sqrt{K \cdot \frac{E(1-u)}{(1+u)(1-2u)D}}$$

Ecuación 2



← El ensayo de ultrasonido tiene elevada confiabilidad y es fácil de realizar, sin dejar de lado que se refiere a uno de los ensayos no destructivos al concreto, con lo que, además, se garantizan repetitividad y versatilidad.

© PROCEQ



En esta ecuación  $\mu$  es el coeficiente de Poisson. La resolución de la ecuación de propagación supone entonces partir de la hipótesis de un medio de propagación homogéneo, con una velocidad uniforme de la onda en todo el medio, lo que no es el caso de la propagación de una onda ultrasónica en el concreto.

### En qué consiste el ensayo de pulso ultrasónico

El ensayo de pulso consiste en medir el tiempo que demora un pulso ultrasónico (frecuencia entre 20 y 150 kHz) en recorrer la distancia entre un transductor emisor Tx y un transductor receptor Rx, ambos acoplados al concreto en estudio (Ver Fig. 1).

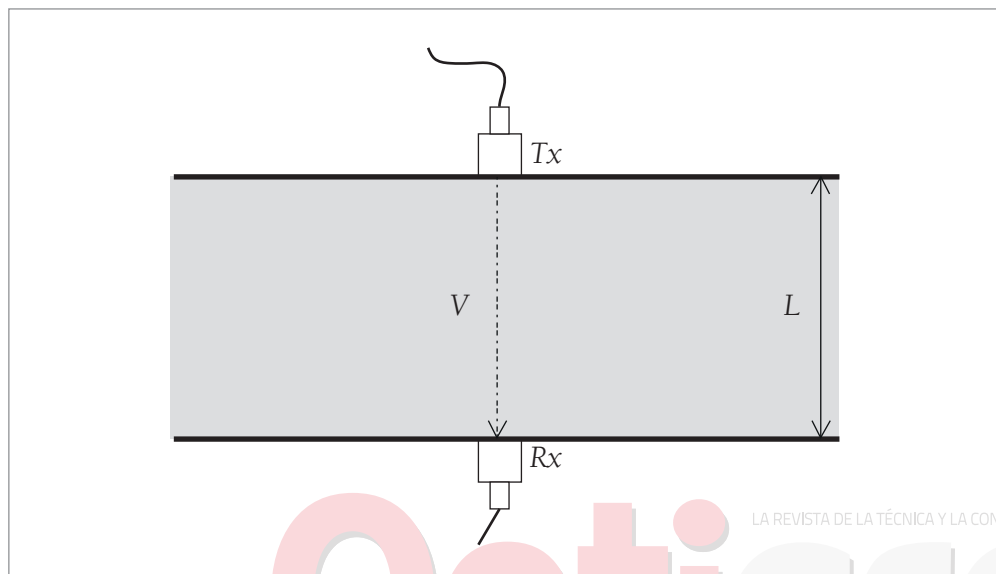


Figura 1. Esquema del ensayo de pulso ultrasónico.  
CORTESÍA I. Y E. VIDAUD

Mediante el transductor electroacústico emisor (Tx) se genera un impulso de vibración longitudinal. Después de recorrer una determinada distancia  $L$ , el segundo transductor (Rx) recibe la señal y, por medio de un circuito electrónico se mide el tiempo de tránsito o de propagación del impulso a través del material. De ahí que algunos especialistas lo establecen como una herramienta ideal, muy simple y versátil, para determinar la uniformidad en el concreto, tanto a nivel de campo como a nivel de laboratorio. La velocidad de transmisión o velocidad de propagación se determina en cada caso por el cociente entre la distancia o separación " $L$ " entre los transductores, y el tiempo de tránsito " $t$ " para esta distancia según se evidencia en la Ecuación 3.

$$v = \frac{L}{t}$$

Ecuación 3

En este caso, lo idóneo resulta ser la toma estratégica de muestras de concreto endurecido, evitando en cualquier caso la presencia de acero de refuerzo en la muestra. Una vez desarrolladas las extracciones, se llevan a cabo mediciones directas en los especímenes y se obtiene así el tiempo de pulso ultrasónico en el espacio  $L$ , definido como ya se comentó, como el "tamaño" del espécimen. De acuerdo a lo anterior, conocida la velocidad de pulso ultrasónico  $V$ , y adicionalmente determinada la densidad del material por un simple pesado de los especímenes en estudio, y por supuesto conociendo el volumen de la muestra, por medio de la ecuación 2, se puede evaluar el módulo de elasticidad dinámico.

Ahora bien, al realizar la evaluación faltaría conocer la magnitud del coeficiente de Poisson, con el cual se podría estimar la calidad del material, que se podría calificar en función de la misma magnitud de la masa volumétrica medida. En general, el coeficiente de Poisson podrá ser estimado de acuerdo con lo que se marca en la Tabla 1. También se sabe que la densidad del concreto podría variar –en condiciones normales para el concreto de peso normal– entre 1.800 y 2.500 kg/m<sup>3</sup>.

# Dramix®



**Tenemos la tecnología,  
tenemos el conocimiento**

Para sus placas de cimentación  
de estantería autoportante  
use fibras de acero Dramix®,  
la marca original.

Contáctanos a nuestro call center:

☎ 315 412 9367 | proalco.bekaert.com

@ BEKAERT



De ahí que se puedan establecer criterios para calificar el concreto con base en su calidad, y con ello estimarse el coeficiente de Poisson.

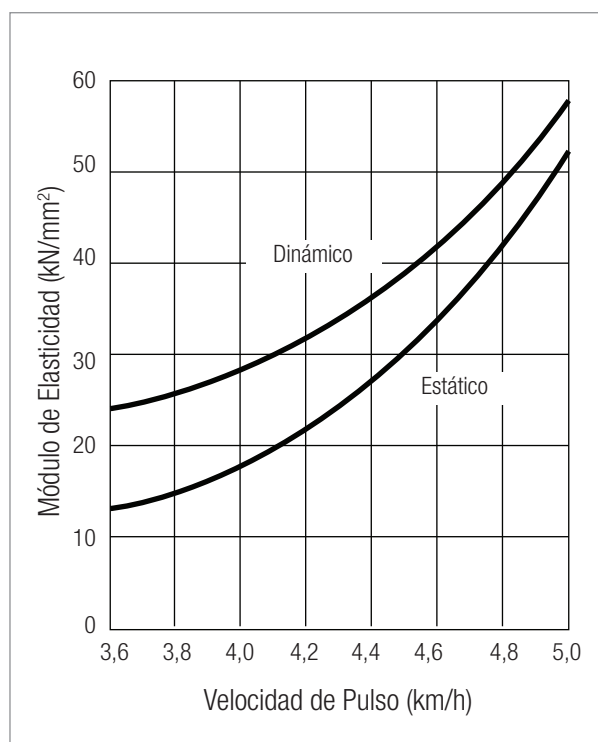
| Condición general | Velocidad de pulso $V$ (m/s) |
|-------------------|------------------------------|
| Excelente         | 0,15                         |
| Dudoso bueno      | 0,28                         |
| Malo              | 0,33                         |

↑ Tabla 1. Estimación del coeficiente de Poisson en función de la calidad del concreto.  
CORTESÍA I. Y E. VIDAUD

Asimismo, a manera de complemento para la calificación del concreto, de los estudios realizados inicialmente en Canadá, existe una publicación en que se presenta un criterio de calificación para el concreto, sobre la base de la propia medición de la velocidad de pulso ultrasónico (Tabla 2).

| Condición general | Velocidad de pulso $V$ (m/s) |
|-------------------|------------------------------|
| Excelente         | $> 4.575$                    |
| Bueno             | $3.660 < V < 4.575$          |
| Cuestionable      | $3.050 < V < 3.660$          |
| Pobre             | $2.125 < V < 3.050$          |
| Muy pobre         | $< 2.125$                    |

↑ Tabla 2. Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica.  
CORTESÍA I. Y E. VIDAUD



← Figura 2. Curvas que correlacionan la velocidad de pulso ultrasónico con el módulo de elasticidad estático y dinámico.  
CORTESÍA I. Y E. VIDAUD

Tal y como se aprecia, conocida la velocidad de pulso ultrasónico, es posible calificar el concreto y con ello estimar una magnitud para el coeficiente de Poisson, el cual se utiliza en la estimación del módulo de elasticidad dinámico del material, en base a lo que se formula en la Ecuación 2.

## Conclusión

El método de pulso ultrasónico constituye una importante herramienta para estimar de manera aproximada y representativa el módulo de elasticidad dinámico del concreto, magnitud que a la vez se podría usar para estimar el módulo de elasticidad estático, muy útil, como ya se comentó, para el proceso de análisis y de diseño de estructuras.

En la literatura especializada del tema existen funciones que correlacionan la velocidad de pulso ultrasónico con las magnitudes de los módulos de elasticidad estáticos y dinámicos, similares a la que se muestra en la Figura 2. El módulo de elasticidad de referencia se podría correlacionar a la vez con magnitudes obtenidas directamente de ensayos de laboratorio, en donde comúnmente se emplean anillos con deformímetros acoplados o *strain gages*.

En ambos casos, integrados a un puente electrónico que mide deformaciones según se aplican escalones controlados de carga axial sobre la muestra en estudio.

## Referencias

- International Atomic Energy Agency(2002), "Guidebook on non-destructive testing of concrete structures", Training Course Series No. 17. International Atomic Energy Agency,Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100 A-1400 Vienna, Austria.
- Malhotra, V. M. y Carino, N. J. (2004), Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, Segunda edición. ASTM International – CRC Press.
- Peña, L. Vidaud, I., Vidaud E. (2011), "Técnicas para estimar la calidad del Concreto Endurecido", publicado en: Revista Construcción y Tecnología en Concreto. Noviembre 2011. [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com).
- Tobio, J.M.(1967),Ensayos no destructivos: Métodos Aplicables a la Construcción, Primera edición. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Madrid, España.
- Vidaud E. y Vidaud I. (2012), "Ultrasonido: Aplicación para la determinación del Módulo de Elasticidad Dinámico", publicado en: Revista Construcción y Tecnología en Concreto. Enero 2016. [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com).
- Vidaud, E. (2015) Pruebas no destructivas en las Estructuras de Concreto. Curso dictado en el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C en julio de 2015.





Construyendo un mejor futuro



## SOLUCIONES INTEGRALES PARA CONSTRUIR PROGRESO



Gracias a la tecnología y calidad de nuestro portafolio de soluciones integrales, cada día se construyen proyectos que impulsan el desarrollo y progreso del país. Obras únicas con el respaldo inigualable de soluciones CEMEX.



# Aeropuerto Brisbane West Wellcamp Concreto con geopolímeros para pistas aeroportuarias



↑ El Aeropuerto Brisbane West Wellcamp incorpora concreto con geopolímeros en zonas de parqueo, pistas de giro, calles de rodaje y un hangar.  
FLICKR-FOXBAT5333

El Aeropuerto Brisbane West Wellcamp entró en operación total para vuelos comerciales en noviembre de 2014. Para la construcción de su infraestructura se emplearon cerca de 40.000 m<sup>3</sup> de concreto con geopolímeros, convirtiéndose así en una de las mayores aplicaciones de esta nueva clase de concreto a nivel mundial. Se emplearon concretos con geopolímeros en los pavimentos de las pistas de giro, calles de rodaje, zonas de parqueo de aeronaves y un hangar, gracias a las ventajas de alta resistencia a la flexión, baja contracción y características de manejabilidad. El concreto se colocó mediante máquinas pavimentadoras de encofrado deslizante.



**El Aeropuerto Brisbane** West Wellcamp, ubicado en Queensland, Australia, es el primer aeropuerto público “verde” construido hasta la fecha, y marca un hito muy importante en la ingeniería por emplear un tipo de concreto novedoso, con geopolímeros, además de ser, a la fecha, uno de los proyectos más grandes en emplearlo.

Utilizar este material presenta ventajas importantes, en comparación con un concreto convencional: alta resistencia a la tracción y a la flexión, baja contracción y buena trabajabilidad.

Se escogió utilizar el concreto con geopolímeros para el pavimento de cuatro áreas diferentes del aeropuerto: Pistas de giro, calles de rodaje, zonas de parqueo de aeronaves y un hangar.

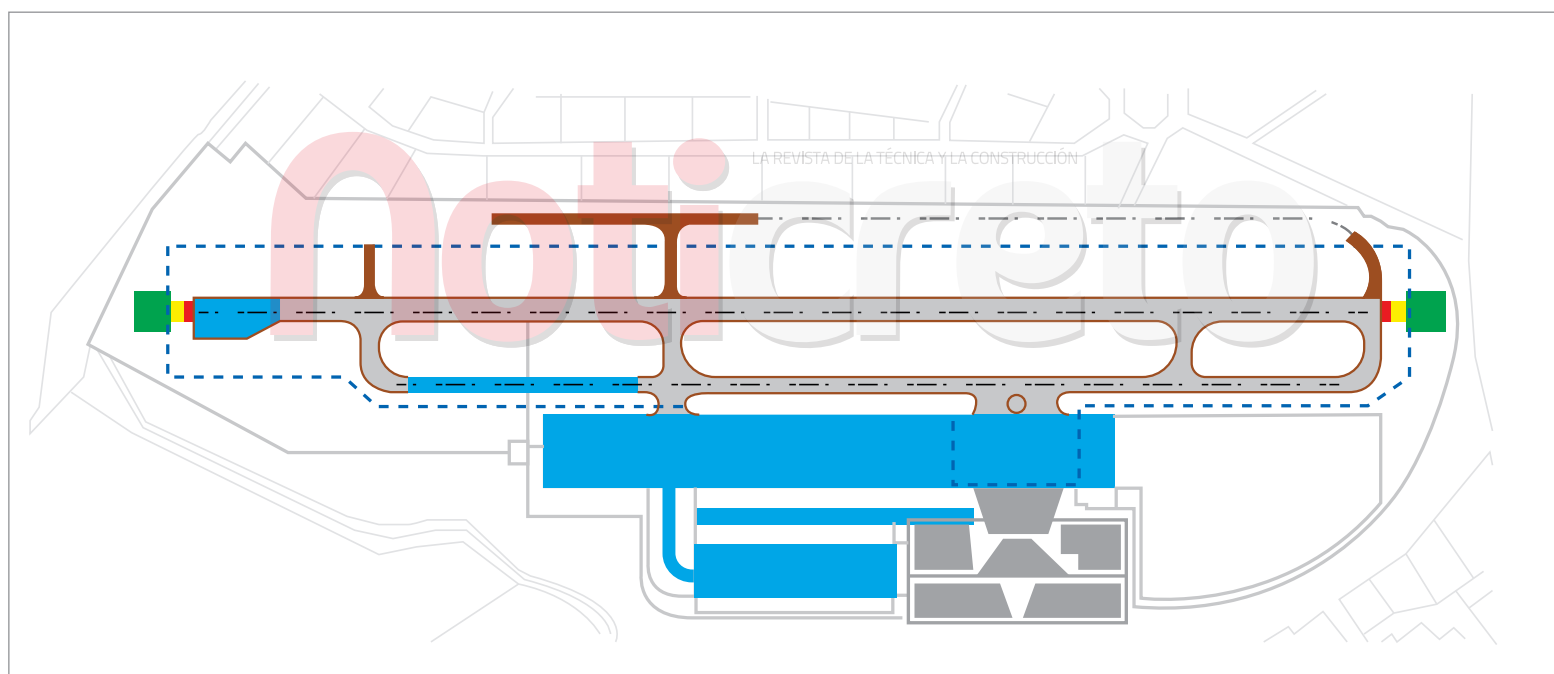
La pavimentación de un hangar privado en un lugar cercano al aeropuerto sirvió como área de prueba para lograr el mejor diseño de mezcla con geopolímeros, así como para establecer el método de colocación más adecuado.

El tramo de prueba consistió en la realización de 10 vaciados independientes en losas de 5 m de ancho por 50 m de largo, colocados utilizando una máquina pavimentadora de encofrado deslizante.

Durante los 6 meses previos a la construcción del pavimento, el contratista desarrolló diversas mezclas de concreto con geopolímeros para lograr las especificaciones del proyecto:

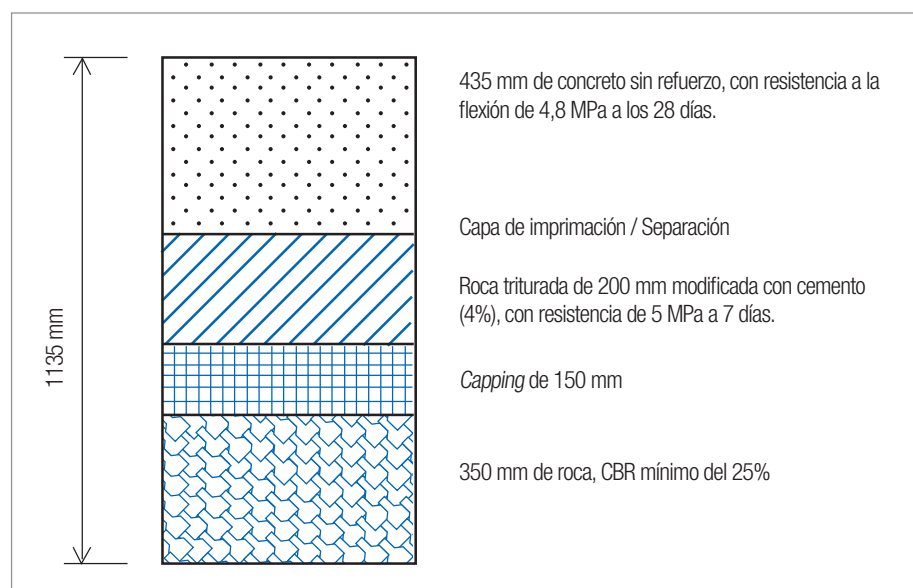
- 4,8 MPa de resistencia promedio a la flexión a 28 días.
- 450 micras de deformación máxima debido a contracción por secado, a los 28 días.

Una vez completada la fase de prueba, la mezcla y el método de colocación fueron aprobados por los diseñadores. La construcción de las pistas de giro y calles de rodaje tomaron cerca de 4 meses, dándose al servicio el 17 de noviembre de 2014.



↑ Esquema de localización del concreto con geopolímeros (azul) en el Aeropuerto Brisbane West Wellcamp.  
CORTESÍA WAGNERS

➔ Sección transversal de los pavimentos de concreto de alta resistencia.  
CORTESÍA WAGNERS







### ¿En qué consiste el concreto con geopolímeros?

El concreto con geopolímeros presenta un buen desempeño e incrementos de durabilidad, gracias a la química diferente del aglutinante. La alta resistencia a la tracción por flexión, así como la baja contracción por secado lo convierten en un material importante para la construcción de pavimentos.

El concreto con geopolímeros empleado para la construcción de pavimentos en el Aeropuerto Brisbane West Wellcamp incluyó:

- Material cementante a base de alimino-silicatos y ceniza volante.
- Relación agua/material cementante de 0,41
- Tamaño máximo de agregado de 40 mm.
- Activador químico.
- Aditivo reductor de agua.

Los ensayos de resistencia a la flexión se realizaron de acuerdo con las normas vigentes en el país, tomando muestras de 4 diferentes puntos. Los resultados de resistencia a la flexión de las 502 viguetas de concreto arrojaron resistencias promedio de 5,8 MPa, con una desviación estándar de 0,6.

Por lo tanto, es importante realizar un adecuado control de calidad durante la producción u colocación del concreto con geopolímeros.

### Producción

El concreto con geopolímeros se diseña y produce de manera similar al concreto convencional. En este caso, se empleó una planta móvil en el sitio del proyecto, incluyendo bombas y tanques que mezclan y dosifican con precisión los activadores químicos por mezcla húmeda, de manera automatizada.

↑ El concreto con geopolímeros se utilizó, entre otros, en las áreas de giro de aeronaves.  
FLICKR-FOXBAT5333

→ Colocación del concreto con máquina pavimentadora de formaleas deslizantes en la zona de parqueo de aeronaves.  
CORTESÍA WAGNER

→ Colocación del concreto con máquina pavimentadora de formaleas deslizantes en pistas de taxi.  
CORTESÍA WAGNER

Para lograr el suministro continuo de concreto a la máquina pavimentadora, se requirió una capacidad instalada de la planta de 120 m<sup>3</sup>/h. Utilizar una planta premezcladora evitó el uso de camiones mezcladores para tiempos cortos de tránsito, por lo que se emplearon únicamente volquetas, lo cual permitió una tasa de descarga mucho mayor en la cara de la pavimentadora.

### Colocación

La construcción de pavimentos para aeropuertos en Australia generalmente se realiza colocando y compactando el concreto dentro de las formaleas de acero, mediante métodos de vibración interna y reglas vibratorias. Por lo general no se han utilizado máquinas de formalea deslizante en pavimentos aeroportuarios, debido a las preocupaciones de una incompleta compactación de las losas de pavimento con mayores espesores.

Sin embargo, las pruebas realizadas en el hangar, demostraron que podía alcanzarse un alto nivel de compactación con la máquina pavimentadora de encofrado deslizante. Por esto, se escogieron formaleas de acero para asegurar que los 43,5 cm de espesor de la losa fueran completamente compactados sin pérdida de planicidad en la superficie.

Además, el uso de este equipo incrementó la tasa de colocación si se compara con otros métodos, logrando así una reducción en los tiempos de ejecución de la obra.





### Curado

El concreto con geopolímeros requirió especial atención al proceso de curado y control de evaporación de agua en la superficie expuesta de la losa. Se presentaron tasas de sangrado muy bajas, y no se requirieron mayores intervenciones para mantener la humedad de la superficie.

Durante la construcción de los tramos de prueba en el hangar se desarrolló una innovadora técnica de control de la evaporación y curado, que se ajustaba al método de colocación empleado. Se empleó un compuesto curador alcalino, que redujo la tasa de evaporación de agua, manteniendo la alcalinidad de la superficie de concreto con geopolímeros en estado fresco, el cual puede fisurarse con el uso de métodos de curado convencionales.

El curado consistía en la aplicación de una resina de hidrocarburo a base de agua, seguido de la colocación de un geotextil para limitar cualquier choque térmico provocado por la diferencia de temperaturas diurnas y nocturnas.

### Juntas

El diseño de las juntas para este tipo de pavimento siguió las reglas de los pavimentos de concreto convencional. En la dirección de la pavimentación, se dispusieron juntas cada 5 m, con juntas de aislamiento cada 70 m. El corte se realizó tan pronto fue posible, generalmente en un lapso de tiempo comprendido entre 1 y 5 horas después de vertido el concreto, dependiendo de la temperatura ambiente.

La baja contracción por secado del concreto con geopolímeros comparada con el concreto convencional, permitía disponer las juntas a mayor distancia. Sin embargo, a fin de minimizar el riesgo de fisuración de las losas con este material innovador, esto no se tuvo en cuenta.

Las pruebas del concreto con geopolímeros a 56 días indicaron una contracción de 350 micras, con base en la normativa local. Así, para futuras aplicaciones, podría aumentarse la distancia entre juntas, teniendo en cuenta la mayor resistencia a flexión y menor contracción.

### Conclusión

Con la construcción de este pavimento, el Brisbane West Wellcamp Airport se convierte en uno de los primeros aeropuertos modernos que aplica mayor innovación y sostenibilidad en concreto. Desde ahora se puede decir que el concreto con geopolímeros es un material que debe ser considerado por los contratistas para la construcción de este tipo de estructuras, gracias a características tan importantes como alta resistencia a la tracción, flexión, baja contracción y buena trabajabilidad.

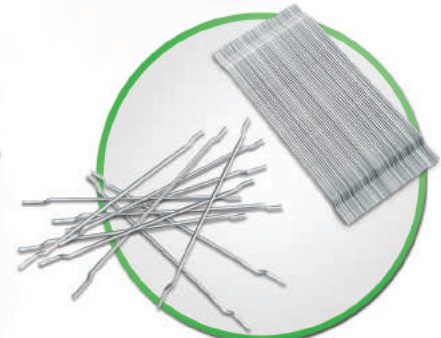
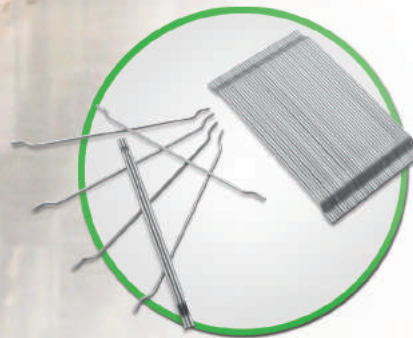
### Referencias

- [www.cies.unsw.edu.au/news/a-major-milestone-in-the-use-of-geopolymer-concrete-brisbane-west-wellcamp-airport](http://www.cies.unsw.edu.au/news/a-major-milestone-in-the-use-of-geopolymer-concrete-brisbane-west-wellcamp-airport)
- [www.queenslandcountrylife.com.au/story/4130398/a-concrete-innovation/](http://www.queenslandcountrylife.com.au/story/4130398/a-concrete-innovation/)
- [fkg.com.au/projects/wellcamp-airport-terminal/](http://fkg.com.au/projects/wellcamp-airport-terminal/)
- [http://www.tsbe.com.au/news/item\\_attachment/27/wellcamp-airport](http://www.tsbe.com.au/news/item_attachment/27/wellcamp-airport)
- [www.wagner.com.au/media/36761/BWWA-EFC-Pavements\\_2015.pdf](http://www.wagner.com.au/media/36761/BWWA-EFC-Pavements_2015.pdf)



**Por su mayor eficiencia,  
rapidez y facilidad,**

**Diga Sí  
a las fibras  
de acero**



### Ventajas de las fibras de acero SUPERCAM:

- ✓ Reemplaza la malla electrosoldada reduciendo horas de trabajo y espacio de almacenamiento.
- ✓ Aumenta el desempeño de las estructuras gracias al efecto de refuerzo en todo el espesor de las losas.
- ✓ Aumenta la resistencia a la abrasión de los pavimentos exteriores, parqueaderos residenciales y comerciales.
- ✓ Cuenta con asesoría especializada para cada proyecto.
- ✓ Mayor rapidez en la ejecución de sus proyectos.

**Supercam**  
fibras de acero para concreto



Tel (57 - 4) 444 6767  
ventas@camejia.com · Marinilla - Colombia



Paneles prefabricados temporales y concreto autocompactante:

# Reemplazo acelerado de pavimentos

Ing. Jamshid Armaghani, Ph. D., P.E. Global Sustainable Solutions, USA

Fotos y tablas: Cortesía Global Sustainable Solutions

En este artículo se presenta un proyecto de investigación con el objetivo de desarrollar un método que emplea prefabricados de concreto y mezclas autocompactantes para acelerar los procesos de rehabilitación de pavimentos, incrementando la productividad de los contratistas, reduciendo las interrupciones de tráfico y disminuyendo el costo del proyecto.



↑ El método de reemplazo acelerado de pavimentos se compone de dos etapas: La primera, la instalación de paneles temporales prefabricados de concreto. La segunda, el retiro de los paneles prefabricados, y el vaciado con concreto autocompactante.



## Introducción

En proyectos de rehabilitación de pavimentos de concreto, generalmente el proceso de reemplazo de la losa consume mucho tiempo, y la ventana de tiempo para el cierre del carril para realizar el trabajo es bastante corto. La suspensión de un carril en autopistas principales o en vías urbanas no puede exceder de 8 horas, y normalmente se programa durante la noche, cuando el tráfico es bajo.

Antes de comenzar las actividades de construcción -pero durante la ventana de tiempo del cierre de carril- hay que instalar barricadas, las cuales deberán ser retiradas antes de poner el pavimento en servicio. Esto consume por lo menos 1,5 horas de las 8 horas planeadas para el cierre del carril, dejando solo 6,5 horas para las actividades de construcción. Durante estas 6,5 horas, el contratista corta el segmento deteriorado de losa o la losa entera, remueve y retira las piezas de concreto, repara cualquier daño en la base, realiza perforaciones en el concreto adyacente, inyecta resina epóxica y ancla las nuevas dovelas a las perforaciones. Finalmente prefabrica el segmento o la losa en el lugar de reemplazo, usando una mezcla de concreto de alta resistencia temprana. Es ideal que la última losa sea fundida aproximadamente 4 horas antes de la hora de apertura del carril. Con esto se da tiempo suficiente para el curado del elemento, de tal manera que el concreto alcance la resistencia requerida para soportar los esfuerzos del tráfico sin deteriorarse.

Con un plazo tan limitado y con un proceso de construcción tan exigente, se pueden reemplazar de 5 a 10 losas o segmentos de losa durante el periodo de cierre de la vía. Así que cuando el proyecto exige cambiar cientos o miles de segmentos de losa, la necesidad de mantener el tráfico prolongará por largo tiempo la terminación del proyecto, afectando su costo final.

En Florida, Estados Unidos, la mezcla de concreto debe diseñarse para que al momento de poner el pavimento en servicio, tenga una resistencia de 15 MPa, siguiendo todas las especificaciones técnicas de las autoridades competentes. Por supuesto, a los contratistas les gustaría alcanzar esa resistencia en el menor tiempo posible para lograr reemplazar más losas durante cada cierre de la vía. Esto requiere que la mezcla de concreto tenga una cantidad de cemento cercana a  $595 \text{ kg/m}^3$ , una dosis alta de acelerante y baja relación agua/material cementante. Sin embargo, al momento de poner el pavimento en servicio, la losa estará altamente susceptible a la fisuración, causada principalmente por la alta contracción y/o presión térmica inducida por el contenido excesivo de cemento y acelerante en la mezcla. La fisuración prematura es un gran problema que contratistas y autoridades afrontan con frecuencia, y es el principal motivo de discrepancia entre las dos partes sobre las causas y las responsabilidades de reparación. Este también puede ser un gran problema en Colombia.

## Resolviendo los desafíos

Las autoridades emprendieron un proyecto de investigación con el objetivo de desarrollar un método que emplea paneles prefabricados temporales y concreto autocompactante (SCC, por sus siglas en inglés) para acelerar el proceso de reemplazo de la losa. Los principales objetivos de la investigación fueron incrementar la productividad de los contratistas, reducir las interrupciones de tráfico y ganar tiempo para completar la construcción, reducir el costo del proyecto y minimizar la fisuración prematura.

Los paneles fueron puestos a prueba con múltiples ciclos de camiones pesados y no mostraron fallas ni fisuración en la nueva losa de reemplazo. El método fue validado para disminuir el tiempo de instalación de los paneles, agilizar la descarga de la mezcla de concreto, así como mantener la trabajabilidad y la resistencia temprana de la mezcla.

## Descripción del método

El método de reemplazo acelerado de losa incluye la instalación de dos paneles prefabricados temporales en el lugar a intervenir, luego de haber removido los segmentos deteriorados de la losa. En ese momento, se da la vía al servicio, manteniendo los paneles prefabricados el tiempo necesario, según el cronograma de la obra. Una vez se pueda realizar un nuevo cierre, se remueven los elementos prefabricados, se instalan las barras de transferencia de carga y se vacía la mezcla de concreto autocompactante, formando así la losa de reemplazo permanente. Los paneles prefabricados removidos se reutilizan en nuevas secciones a rehabilitar.

El método de reemplazo basado en dos componentes (prefabricados y concreto autocompactante) ha tenido buena acogida para el reemplazo de pavimentos deteriorados. Para que este método funcione adecuadamente, los segmentos deben ser de 1,80 m, 2,40 m, 3,00 m, 3,60 m ó 6,10 m de largo x 3,65 m de ancho. Si el ancho del segmento deteriorado supera 3,65 m, entonces toda la losa debe ser reemplazada completamente usando solamente la mezcla de concreto autocompactante y sin usar paneles prefabricados.

## Diseño de los paneles prefabricados temporales

En este método se utilizan 2 paneles estándar. Sus dimensiones son 1,73 x 3,58 x 0,23 m y 1,13 x 3,58 x 0,23 m. Individualmente o combinados, estos paneles cabrían en las secciones estándar de reemplazo (1,80 x 3,65 m), (2,4 x 3,65 m), (3,00 x 3,65 m), o (3,6 x 3,65 m). Nótese que las dimensiones de los paneles prefabricados son 7 cm (3") más cortos que las dimensiones del área a reparar. Esto crea una brecha entre los bordes de los paneles y los lados de la sección abierta para facilitar la instalación y remoción de los paneles. Se asume que las dimensiones totales de las losas son 6,10 x 3,65 x 0,23 m (20' x 12' x 9"). Si



las dimensiones de la losa son diferentes, las del panel prefabricado pueden ser modificadas en proporción a las dimensiones de la losa en particular. También, si el espesor promedio del pavimento es diferente a 0,23 m (9"), el espesor del panel prefabricado podría ser modificado para igualarlo al del pavimento. Esta medida se determina mediante núcleos tomados al pavimento de concreto.

La Figura 1 muestra detalles de la forma del panel y el refuerzo. Los paneles son reforzados usando dos

mallas #13 separadas desde su eje, al igual que 4 anclajes de levantamiento. La formaleta es fabricada usando madera de 20 cm de ancho, tablas anchas aseguradas en la base y una tira de madera de 3 cm unida a los lados. La Figura 2 muestra las características de diseño de la superficie de un panel prefabricado. La tira incrustada a lo largo de los lados se encaja con un trozo de espuma de poliestireno de 3 cm para facilitar la instalación y la remoción, y la superficie de la base tiene tiras incrustadas para mejor agarre en la base de la superficie.



← Figura 1. Detalles de reforzamiento y puntos de anclaje.



← Figura 2. Características de diseño.





← Figura 3. Mezcla SCC con un flujo de 50 cm el cual se mantiene durante 45 minutos.

### Resumen de los pasos de construcción

El método fue desarrollado y evaluado exitosamente. Se resume en los siguientes pasos y se muestra en las Figuras 4 a 10:

#### Durante el primer cierre

1. Remover las secciones de losas de pavimento deterioradas y restaurar la superficie de la base.
2. Perforar y limpiar orificios para las nuevas barras de transferencia, en las losas aledañas a la sección a reparar.
3. Si el espesor de la sección a reemplazar no es igual al de los paneles prefabricados, se debe agregar una capa de nivelación en la base de la sección a rehabilitar, empleando arena refinada, concreto reciclado, o mallas geosintéticas. Si este procedimiento no se puede realizar, es necesario retirar el material de base sobrante para alcanzar la profundidad suficiente para elevar la superficie de los paneles y del concreto que los rodea para que haya igualdad o diferencia máxima de 6 mm en los niveles de la losa existente y el panel prefabricado.
4. Instalar uno o dos paneles prefabricados en cada sección de reemplazo de losa. Los paneles prefabricados estarán en esta sección por un periodo de tiempo, entre uno y siete días, según el cronograma de la obra.

Dependiendo de la eficiencia del proceso, en promedio la producción estimada debería ser entre 40 a 50 paneles instalados en el primer cierre del carril de la vía.

#### Durante el segundo cierre

1. Remover los paneles prefabricados de la sección y transportarlos a la siguiente sección del proyecto donde se vayan a emplear.
2. Remover la cinta que cubre los orificios de las dovelas y llenarlos con resina epóxica.
3. Insertar y anclar las nuevas barras de transferencia de carga en los orificios con resina. Dejar que la resina seque.
4. Moldear la losa de reemplazo usando la mezcla de concreto autocompactante.
5. Nivelar, terminar y curar la superficie de la losa. Debe asegurarse que la nivelación y la terminación de la losa se efectúen inmediatamente después de la colocación de la mezcla.
6. Repetir la secuencia de construcción del primer y segundo cierre, hasta reemplazar las losas exigidas por el proyecto.

← Tabla 1. Diseño de mezcla SCC para la metodología de rehabilitación propuesta.

### Mezcla de concreto autocompactante

El segundo componente de este método es el desarrollo de una mezcla apropiada de concreto autocompactante (figura 3). La Tabla 1 muestra una mezcla de concreto típica, utilizada en este método de rehabilitación de pavimentos. El flujo se mantiene por encima de 50 cm al menos durante 45 minutos, siempre y cuando la mezcladora mantenga la misma velocidad de agitación. Esto es muy importante porque si la tasa de rotación de la mezcladora disminuye -o se detiene-, el concreto se puede endurecer dentro del tambor de la mezcladora. La resistencia a compresión de la mezcla es de 20 MPa después de 6 horas, superando así los requerimientos de las autoridades para poner el carril en servicio.

| Materiales                         | kg/m <sup>3</sup> | Descripción                                                                                                       |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cemento                            | 492               | Tipo I/II cemento usado – AASHTO M85                                                                              |
| Agregado grueso                    | 964               | Tamaño de gradación 57 (25 mm tamaño máx. del agregado)                                                           |
| Agregado fino                      | 726               | Arena de sílice                                                                                                   |
| Agua de mezcla                     | 166               | Mezcla de agua ajustada a la humedad del agregado y el contenido de agua en la adición del acelerante a la mezcla |
| Relación agua/ material cementante | 0,34              |                                                                                                                   |
| Adiciones                          | mL/m <sup>3</sup> | Descripción                                                                                                       |
| Retardante de trabajabilidad       | 1.242             | ASTM C 494/C 494M, (NTC 1299) Tipo S                                                                              |
| Reductor de agua de alto rango     | 1.479             | ASTM C 494, (NTC 1299), Tipo A, reductor de agua, y Tipo F                                                        |
| Acelerante                         | 13.987            | ASTM C 494, (NTC 1299), Tipo C, acelerante, y Tipo E                                                              |
| Reductor de agua & retardante      | 1.242             | ASTM C 494/C 494M, (NTC 1299), Tipo A, Tipo B, & Tipo D                                                           |



La productividad en el segundo cierre se estima en el reemplazo de 50 paneles (de 1,80 m x 3,65 m x 0,23 m), o 75 m<sup>3</sup> de vaciado de concreto. Hay que dejar suficiente tiempo para que el concreto alcance la resistencia mínima para poder ser puesto en servicio, sin incrementar las cantidades de cemento o sin agregar acelerantes a la mezcla. 



↑ Figura 4. Paso 1. Preparación de la sección de reemplazo.



↑ Figura 5. Paso 2. Instalación de paneles prefabricados temporales de reemplazo en las secciones abiertas.



↑ Figura 6. Paso 3. Permitir el tráfico sobre los paneles temporales.



↑ Figura 7. Paso 4. Remover el panel temporal.



↑ Figura 8. Paso 5. Instalar las barras para las dovelas antes de fabricar los paneles de reemplazo.





↑ Figura 9. Paso 6. Fabricación del panel de reemplazo con la mezcla SCC. No es necesario vibrar la mezcla.



↑ Figura 10. Paso 7. Terminación de la superficie usando rodillo largo.



↑ Figura 11. Paso 8. Permitir el tráfico sobre los paneles o la losa reemplazada en el plazo fijado por el cliente.

## Rehabilitación e Impermeabilización de piscinas con membranas de PVC y enchape adherido



Membranas a base de PVC plastificado reforzado con armaduras de poliéster, fabricadas mediante calandrado, para la impermeabilización de estructuras de almacenamiento de agua. Este tipo de membranas son resistentes a rayos ultravioleta y a la acción de aguas cloradas. (Para membranas expuestas como acabado final del sistema).

En caso de requerir acabados duros, éstos pueden ser instalados directamente sobre la membrana mediante adhesivos poliméricos especiales de última generación, mostrando un aspecto de piscinas convencionales con la ventaja de una impermeabilización altamente segura y efectiva.



Avenida 9 No.126A -28 • Teléfono: 215 7474  
Cels. 316 463 9256 / 318 574 6361 / 314 414 4485  
[www.raconstrusoluciones.com](http://www.raconstrusoluciones.com)  
[ventasbogota@raconstrusoluciones.com](mailto:ventasbogota@raconstrusoluciones.com)  
[ventascartagena@raconstrusoluciones.com](mailto:ventascartagena@raconstrusoluciones.com)  
Bogotá, D.C., Colombia



*"Las nuevas tecnologías están transformando la industria de la construcción"*

# Antonio Nanni, presidente del departamento de ingeniería civil y ambiental de la Universidad de Miami



El ingeniero Antonio Nanni es docente investigador en la Universidad de Miami. Durante los últimos 30 años, ha sido presidente del departamento de ingeniería civil y ambiental de la misma universidad. Es ingeniero civil de la Universidad de Bolonia, Italia, Magíster en ingeniería civil de la Universidad de Johannesburgo y PhD en ingeniería civil de la Universidad de Miami, con énfasis en materiales compuestos avanzados de concreto. Se ha desempeñado como investigador principal en diferentes proyectos en Estados Unidos. Su investigación en materiales y estructuras ha impactado el trabajo de varios comités técnicos en Estados Unidos y a nivel mundial. Participó en grupos de investigación en Japón que lo llevaron al campo de la investigación aplicada, que ha sido la marca registrada de su trabajo académico.

↑ El ingeniero Antonio Nanni, presidente del departamento de ingeniería civil y ambiental de la Universidad de Miami. ©MIDDLEEASTCONCRETE

**Las estructuras de concreto** ya forman parte del ADN del ingeniero Antonio Nanni, y no le falta razón: en casi tres décadas de experiencia profesional, su mayor compromiso ha sido con las aplicaciones de materiales innovadores en el reforzamiento del concreto.

Desde muy joven estuvo fascinado con la infraestructura que se construía en su Italia natal, que casi siempre se hacía en concreto. Como estudiante de ingeniería en su país se inclinó por el concreto en vez de otros materiales fundamentales en la construcción como el acero y la madera. La tesis de su maestría en Sudáfrica fue sobre concreto reforzado con fibras y la de su PhD en la Universidad de Miami fue sobre el aprovechamiento de materiales reciclados del concreto.

## ¿Qué experiencia ha tenido con el concreto de altos requerimientos de durabilidad, resistencia y seguridad?

"Para mí, esas son las bases de lo que llamo una estructura bien diseñada y bien mantenida. Empiezo por la última parte de la pregunta: la seguridad y la resistencia. He dedicado mucho tiempo a estudiar el reforzamiento de estructuras, el cual resulta de necesidades adicionales de seguridad y desempeño. En esa área la aplicación de los llamados polímeros reforzados con fibras (FRP) abre nuevas opciones a la industria de la construcción. Mi experiencia se orienta a temas relacionados con la resiliencia. Este término ha ganado popularidad en los últimos años, pero pienso que los temas como la resistencia, la seguridad y la durabilidad también han ganado importancia en nuestra sociedad debido a que poseemos recursos limitados, y tal vez el principal problema de las estructuras de concreto reforzado es la corrosión



del acero. El matrimonio del acero con el concreto es una buena unión, pero también tiene inconvenientes. La desventaja aquí es la corrosión del acero, por lo cual la mayor parte del trabajo reciente se ha enfocado a crear estructuras más duraderas que satisfagan las necesidades de la sociedad moderna. En el caso de los Estados Unidos hablamos de 75 a 100 años, pero si miramos las exigencias actuales en Europa para ciertas estructuras, hablamos de una vida útil de alrededor de 200 años”.

### ¿Por qué en Europa se está hablando de 200 años de vida útil?

“Eso tiene relación con la importancia de la estructura. La marca de 200 años no se refiere necesariamente a edificios, que pueden cambiar de uso, sino más que todo a obras de infraestructura como túneles o presas, puesto que la intervención en estas construcciones tiene un impacto dramático en la economía debido a su alto costo. Hay que asegurar que la vida de la estructura sea lo más larga posible, lo cual implica reducir o eliminar su mantenimiento, que no solo es costoso sino también peligroso y que afecta el objetivo del proyecto. La meta de 200 años expresa la necesidad de diseñar y construir obras de infraestructura que impactan la vida de millones de personas y de reconocer que es imposible repararlas en periodos cortos de tiempo. No es fácil probar que la estructura pueda durar 200 años, pero la meta y el deseo están claros en nuestra mente”.



← El reforzamiento de estructuras, y el refuerzo resulta de necesidades adicionales de seguridad y rendimiento. En esa área la aplicación de los llamados polímeros reforzados con fibras (FRP) abre nuevas opciones a la industria de la construcción.  
CORTESÍA COMPOSITES INFRASTRUCTURE

↓ Agregados reciclados de concreto.  
FLICKR - LIVA

### ¿Cómo ayuda el concreto a mejorar la sostenibilidad en las estructuras de concreto?

“Este es un reto fundamental para nuestra profesión. Sabemos que el concreto, aparte del agua, es el material más usado en la Tierra, y por lo mismo, su impacto es muy fuerte frente a la sostenibilidad de nuestros recursos y del planeta. Las investigaciones de la academia y la industria están buscando mejorar la sostenibilidad del concreto de dos maneras complementarias: la primera, con aglutinantes que no sean necesariamente un reemplazo, que me gustaría llamarlos complementos del cemento. Hablamos de diferentes clases de aglutinantes con huella de carbono reducida, por lo que serán más sostenibles sin rebajar la calidad y las características del cemento. Y del otro lado, otros aspectos que mejorarían la sostenibilidad como el uso de agregados reciclados del concreto, y el re-uso de pavimentos, lo cual permitiría reducir el impacto de extraer agregados naturales.

Otra investigación que estamos llevando a cabo es el uso de arena de mar como sustituto potencial de agregado fino. Pero el truco aquí es poder usar este material sin prelavado, sin consumir agua fresca. También puede considerarse reemplazar el acero al carbono, también llamado hierro negro, con otros materiales no corrosivos. Realizo parte de mi trabajo con materiales compuestos y con acero inoxidable. La combinación de estos aspectos puede llevar a un concreto más sostenible en términos generales y a usar materiales como agregados reciclados, incluso el agua del mar, en lugares donde la disponibilidad de agua fresca es poca. Este proyecto incluye ensayos al agua de mar en la mezcla y durante el curado del concreto. Así, se abre la posibilidad -en cualquier lugar donde el agua fresca proviene de la desalinización del agua del mar-, para utilizarla en nuestra industria. Creo que el concreto seguirá siendo el material de construcción número uno, e irá mejorando con la investigación”.

“La academia y la industria están buscando mejorar la **sostenibilidad** de dos maneras complementarias”.

### ¿Cuál puede ser para usted una de las principales características del concreto?

“Puedo reiterar que el concreto es un material ubicuo porque está disponible en todas partes del mundo, y que tiene la fantástica habilidad de ser moldeado y manejado con herramientas simples. Estas propiedades son una tendencia que incrementa las aplicaciones de los prefabricados de concreto, que tal vez llevan a mejorar el control de calidad y la durabilidad. Pero pienso que el principal atributo del concreto es que se puede vaciar en el sitio y se puede moldear o tomar la forma que deseemos. El concreto seguirá siendo primordial, y no lo digo por haber pasado mi vida estudiándolo, sino porque no dudo que este será el material de elección para el futuro del planeta”.





## Hablemos de los sistemas tecnológicos y el concreto

“La habilidad de usar avances tecnológicos, tanto computacionales como en representación de imágenes, por ejemplo BIM, ayudará a nuestra industria, y doy un ejemplo: en una autopista que va de Milán a Roma se está construyendo un túnel con elementos prefabricados de concreto; y como esos elementos deben ser ubicados en cierto lugar, se inventaron chips que dan la localización exacta de cada pieza durante la construcción. Ahora también han inventado chips capaces de decir durante la instalación cuál es el nivel de tracción de los elementos de concreto en la línea de túnel. Las nuevas tecnologías están transformando la industria de la construcción, la están haciendo mucho más refinada y eficiente, y esto llevará a mejorar la seguridad y la resistencia de las obras futuras”.



↑ Ya existen chips que pueden ser insertados en elementos prefabricados de concreto y para el caso de construcción de túneles, pueden dar una ubicación exacta y además pueden ser capaces de informar durante la instalación cuál es el nivel de tracción de los elementos de concreto en túneles.

FLICKR-PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

## ¿Qué podemos esperar de las estructuras de concreto a corto, mediano y largo plazo?

“El uso del concreto ha crecido exponencialmente, y creo que vamos a seguir viendo este crecimiento. Mi expectativa es que seremos más inteligentes en utilizar el concreto para hacer estructuras más seguras. Lo que intento expresar es, por ejemplo, la forma en la que construimos edificios residenciales, principalmente casas, en los Estados Unidos con una tecnología que me parece incompleta: no tiene sentido utilizar estructuras de otros materiales, que pueden no comportarse adecuadamente ante eventos climatológicos. Necesitamos construir estructuras mejores, a costos razonables. Eventualmente nos daremos cuenta de esto, y seremos capaces de construir mejor. En esto tiene un rol importante el concreto.”

“El concreto seguirá siendo el **material** de construcción **número uno**, e irá mejorando con la investigación”.

Además, en un futuro se incorporarán a los actuales constituyentes del concreto reforzado, materiales más sostenibles o materiales que harán que el concreto reforzado o preesforzado dure más tiempo, tal vez con cementos o sistemas de refuerzo alternativos, lo cual, a mi modo de ver, incrementará el uso del concreto como el material de construcción. A manera de ejemplo comento que la universidad de Miami terminó en mayo pasado un puente peatonal de 21 metros de largo, donde no se utilizó ni un kilogramo de acero negro para refuerzo; este se hizo con sistemas compuestos con la idea de demostrar -en un proyecto real- que podemos tratar la durabilidad y sostenibilidad de una estructura de manera no convencional”.



## Por favor coméntenos acerca de las nuevas tecnologías para rehabilitación de estructuras

“Es fundamental que se mantengan y se mejoren las estructuras existentes y los nuevos materiales, en particular los compuestos de unión externa que han tenido gran éxito como los Polímeros Reforzados con Fibras (FRP), los cuales están siendo utilizados en la mayoría de proyectos de reparación en Estados Unidos. Sin embargo, existen otros sistemas de materiales de características ligeramente diferentes que pueden proveer herramientas adicionales al momento de realizar reparaciones. Estas herramientas son las llamadas Fabric Reinforced Cementitious Matrix (FRCM). Ahora tenemos un refuerzo hecho con las mismas fibras que se usan en FRP, pero en vez de una matriz polimérica, como un epóxico, tiene matriz con base cementante. ¿Cuál es la ventaja? Al reparar una superficie de concreto que está húmeda, saturada, el FRCM es más funcional. Si en la reparación hay que remover parte del concreto deteriorado y se tiene poco tiempo, es imposible aplicar FRP sobre un elemento que no esté totalmente curado y habría que esperar, por lo menos, 28 días. Ahora con el FRCM la reparación del concreto puede hacerse de inmediato. En países como Italia, ubicado en zona sísmica y donde predomina la mampostería, la reparación y renovación de estructuras con FRCM es como un sueño hecho realidad porque la matriz cementante le permite tener mayor adherencia y en crear superficies suaves. Así, el FRCM es una nueva herramienta para la rehabilitación de estructuras. Además, en el evento de una conflagración, el material cementante resistirá más que el material orgánico.”

Otro sistema es el Steel Reinforced Grade (SRG), el cual utiliza acero de ultra-alto desempeño como refuerzo. Este acero tiene aproximadamente 4 veces más límite de rotura que el acero convencional. Consiste en cables bien delgados y galvanizados, lo cual permite eliminar el potencial de corrosión. Estos materiales innovadores dan al diseñador y al contratista la posibilidad de desenvolverse mejor con los retos de reparación y rehabilitación de estructuras. Otra gran ventaja es que con FRCM o SRG los operarios que realizan la instalación están mucho más cómodos por ser materiales de base cementante y no a base de epóxicos, donde hay que mezclar componentes que generan gases tóxicos.





↑ El uso del concreto ha crecido exponencialmente, incluso en zonas tropicales, debido a la exigencia de materiales durables y resistentes.  
FLICKR-DORINSER

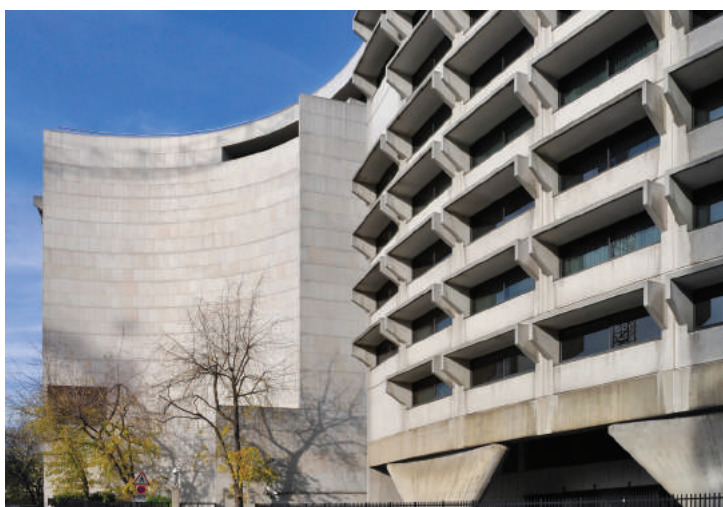
En Italia existen significativas aplicaciones de FRCM y SRG debido a la diversidad de superficies de las construcciones. Si se tiene una superficie lisa es fácil alistarla con arena o agua a presión para luego aplicar el FRP; pero si se tiene una superficie áspera como la mampostería de piedras naturales, se requiere generar una superficie suave y homogénea, lo cual tendría un costo importante y tomaría bastante tiempo.

En Estados Unidos el interés tiende hacia el concreto y hemos probado que el FRCM y el SRG pueden ser aplicados en este tipo de superficies”.

### Las obras que admira

“En lugar de mencionar estructuras específicas me gustaría hablar de mi ingeniero favorito, el italiano Pier Luigi Nervi. Lo admiro como ingeniero, como diseñador y constructor, porque en las estructuras que tuvo la habilidad de concebir y construir aplicó la ingeniería y la arquitectura al mismo tiempo. No solo es una cuestión de resistencia, sino de belleza. En las hermosas estructuras que construyó no solo en Italia sino también alrededor del mundo, incluyendo los Estados Unidos, Nervi usó el concreto reforzado de una manera que sin precedentes. A pesar de ser altamente educado, su actitud fue como la de un maestro constructor del Renacimiento. Más que en las obras, me gusta pensar en los individuos que dejaron una marca creando edificios y estructuras excepcionales en concreto, que han inspirado a generaciones futuras. Pier Luigi Nervi me dejó un gran legado”.

↓ Edificio de la embajada de Australia en París, diseñado por el reconocido ingeniero Pier Luigi Nervi.  
FLICKR- SEIER+SEIER



LOS PANELES REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO (GRC), SON EL COMPLEMENTO PERFECTO PARA EDIFICACIONES EXISTENTES QUE QUIEREN DARLE UN DISEÑO MODERNO SIN PERDER LA ARQUITECTURA DE LA ÉPOCA, ESTO GRACIAS A SU GRAN FORMATO Y RAPIDEZ DE INSTALACIÓN SIN CAUSAR TRAUMATISMOS AL INTERIOR DEL EDIFICIO.

## GRC

CONCRETO REFORZADO  
CON FIBRA DE VIDRIO



- LIGERO
- MOLDEABLE (CON TOTAL FLEXIBILIDAD PARA DISEÑAR FORMAS)
- ACABADOS (COLORES Y TEXTURAS)
- DURABLE
- RESISTENTE AL AGUA

- FABRICADO A MEDIDA
- FÁCIL DE TRANSPORTAR
- FÁCIL DE INSTALAR
- MENOR MANTENIMIENTO

WWW.TITANCEMENTO.COM

EMAIL: VENTAS@TITANCEMENTO.COM

Bogotá (1) 3353550

Autopista Medellín entrada 2,4 km al Occidente del río Bogotá



OFICINAS Y PLANTAS EN  
BOGOTÁ, BARRANQUILLA, MEDELLÍN, PANAMÁ Y PERÚ





FLICKR - AEROBAT AEROBAT



© NORBERTO SICA





FLICKR- SEBASTIAN CRIADO

## PUERTO NORTE DESIGN HOTEL

**Lugar:** Puerto Norte de Rosario, Argentina

**Año:** 2015

**Diseño:** Estudio Giad UK

El Puerto Norte Design Hotel se erige sobre una estructura de silos portuarios existentes en el lugar, una de las zonas más exclusivas de Rosario, Argentina. Con 80 habitaciones y una vista privilegiada, fruto de los 52 m de altura, cuenta además con acceso vehicular, parqueaderos, y seis niveles de habitaciones, con vistas panorámicas. El interior de los silos es un área de tránsito, a través de escaleras y ascensores.



# Fachadas prefabricadas para edificios de gran altura

Ing. Jaime Gomezjurado Sarria, IC MA. Grupo Titán, Colombia

Fotos, esquemas y Tablas: Cortesía Grupo Titán



↑ Proyecto City U en Bogotá, cuya fachada está compuesta por paneles de GRC.

Este artículo expone aspectos de la construcción de fachadas de prefabricados en concreto reforzado con fibras de vidrio, GRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*) en edificaciones de más de 15 pisos. Se presentan algunas experiencias en el diseño, fabricación e instalación de las fachadas de las torres de City U, un complejo de edificios en el centro de Bogotá con área de 53.409 m<sup>2</sup> para viviendas estudiantiles.

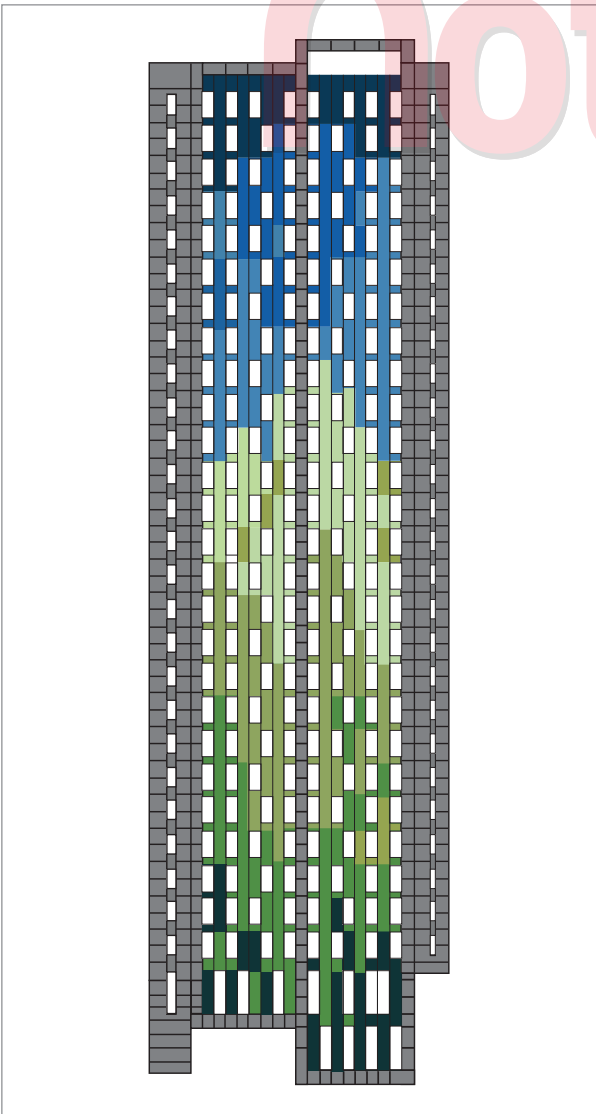


El GRC es un microconcreto compuesto por cemento, arena de sílice, polímero y en algunos casos aditivos, que está reforzado con fibras de vidrio álcali-resistente que confieren gran desempeño mecánico y alta durabilidad a los productos que lo utilizan.

La clasificación de las edificaciones según la altura depende del desarrollo urbanístico de cada región o cada ciudad, de manera que un edificio de gran altura en un lugar puede ser de mediana altura en otro. La Tabla 1 muestra una clasificación de los edificios según la altura, que resulta útil para establecer la secuencia constructiva de fachadas con GRC.

| Clasificación de la edificación | Número de pisos | Altura         |
|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Baja altura                     | < 9 pisos       | < 25 metros    |
| Mediana altura                  | 10 a 15 pisos   | 26 a 40 metros |
| Gran altura                     | >15 pisos       | > 43 metros    |

↑ Tabla 1. Clasificación de las edificaciones según su altura.



← Figura 1. Alzado de paneles en el proyecto City U en Bogotá.

Con independencia de la altura del edificio, la planeación para la instalación de fachadas debe considerar cómo serán los corredores dentro de la obra para la circulación vertical y horizontal de los materiales de construcción, así como la definición de las áreas y niveles para almacenar las piezas prefabricadas y demás materiales de construcción, y prever la interferencia con las actividades de obra que deberán realizarse de manera simultánea utilizando los mismos recursos o las mismas áreas.

Diseño de fachadas en GRC

La modulación de los paneles de GRC que conforman la fachada se elabora a partir de los criterios establecidos por el arquitecto diseñador, buscando la mayor cantidad posible de paneles iguales para estandarizar los procesos de fabricación, transporte e instalación. En la modulación se busca que cada panel tenga el máximo cubrimiento en área con el menor perímetro posible y el mayor peso admisible del equipo de izaje dispuesto en la obra. Esto permite disminuir el número de movimientos del equipo de izaje, reduce la cantidad de juntas a sellar y racionaliza los elementos de fijación, para aumentar la eficiencia en la instalación.

Los edificios de gran altura permiten que los paneles iguales se repitan muchas veces puesto que, en general, los pisos tipo se repiten en la mayoría del cuerpo del edificio, como fue el caso del proyecto City U. En él la modulación de los paneles se realizó dividiendo cada torre en tres zonas, como se indica en la Figura 1: los pisos bajos –del primero al cuarto– en que los paneles iguales se repiten pocas veces, los pisos tipo –del quinto al penúltimo– en que los paneles iguales por fachadas se repiten cada uno o dos pisos, y los de cubierta en donde cada panel es prácticamente único.

La logística de producción se acondiciona para que la prefabricación de los paneles únicos se traslape con la fabricación de los paneles típicos, puesto que los primeros requieren tiempo de alistamiento de molde para cada vaciado mucho más largo que para los paneles típicos. Esto permite mantener constante el suministro diario de paneles durante todas las etapas de la construcción de la fachada y, por tanto, el progreso de la obra es sostenido y acelerado. Los trabajos de planeación y oficina técnica tienen que ser muy estrictos y detallados para asegurar que los paneles de GRC sean ensamblados sin dificultad. De hecho, para cada panel se elabora un plano de taller que contiene la información necesaria para su fabricación, transporte e instalación, como por ejemplo la posición de conectores, el despiece de bastidor metálico, los elementos para el izaje, el sistema de anclajes, la textura y el color.



Fabricación de fachadas en GRC

Los paneles se fabrican de acuerdo con la modulación establecida para cada edificio sobre unas mesas o moldes con la geometría y textura requeridas. Estos pueden ser con bastidor metálico, laminares o tipo sándwich. Los paneles con bastidor y laminares se producen mediante el lanzamiento de GRC con una pistola que durante la proyección corta y dosifica la fibra de vidrio álcali-resistente. El material proyectado se compacta con rodillo para imprimirle mayor densidad e integrar todas las fibras. En el caso de los paneles con bastidor metálico, antes del lanzado se realiza el ensamble de los tubos rectangulares metálicos, a los cuales se les coloca unas platinas flexibles en forma de L que sirven de conectores del bastidor con la superficie de GRC, cuando este se coloca sobre la piel en estado fresco. Los paneles en sándwich se pueden fabricar vertiendo un GRC premezclado directamente sobre formaletas que tienen espuma de poliestireno en las zonas que se requiere aligerar. Los paneles permanecen sobre la mesa para que fragüen y hasta cuando el GRC alcanza suficiente resistencia para el desmolde, curado y, cuando es necesario, recubrimiento de color.

El color final del GRC se consigue usualmente con una veladura o material totalmente cubriente que consiste en una emulsión de silicatos que reaccionan con la cal libre (hidróxido de calcio) que resulta de la hidratación de cemento y se fijan dentro de la microestructura superficial del GRC. El resultado es un color definitivo que mantiene la textura original del GRC sin crear barrera de vapor. Esta reacción es lenta: aproximadamente durante los primeros 12 meses, los silicatos permanecen adheridos al GRC por el efecto ligante con que está formulada la emulsión y se van integrando paulatinamente dentro de la superficie del GRC mediante un proceso irreversible de “petrificación”.

Instalación de fachadas en GRC

El proceso de instalación de las fachadas es muy simple: puede resumirse en izar los paneles hasta su posición final, fijarlos a la estructura principal, alinearlos y nivelarlos para conservar el paramento de la fachada y, por último, aplicar el sello entre los paneles y el recubrimiento donde sea necesario. Para el izado de los paneles se pueden utilizar torregrúas de las que se instalan para subir materiales de construcción, o también empleando medios auxiliares como grúas o gúinches que se van posicionando en los pisos más altos a medida que avanza la estructura. La Tabla 2 presenta los medios de izaje que se pueden utilizar según el orden que se establezca para la instalación, el cual puede ser por fachada, por niveles, o una combinación de ambos.

Es muy importante establecer los sitios de acopio de los paneles para que los movimientos de ellos sean mínimos y se crucen lo menos posible con los corredores de los otros materiales, con el fin de evitar

interferencias que afecten los rendimientos de obra. En el caso del proyecto City U, cuya planta esquemática se presenta en la Figura 2, los radios de acción de las tres torre-grúas, una por cada edificio, permitió tener puntos de almacenamiento en el perímetro de las torres, a partir de los cuales los paneles podían ser izados con medios auxiliares que se iban subiendo en la medida que la estructura avanzaba; normalmente los medios auxiliares se van posicionando tres pisos por debajo de la última placa fundida en diferentes frentes para trabajar de manera simultánea con cuadrillas que pueden instalar en promedio cinco paneles por turno, es decir, aproximadamente 100 m<sup>2</sup> por cuadrilla y por turno.

| Orden de instalación | Altura                | Equipo de izaje          |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Fachada              | Baja y mediana altura | Camión-grúa / torre-grúa |
| Niveles              | Gran y mediana altura | Torre-grúa               |
| Combinación          | Gran altura           | Torre-grúa / gúinche     |

Tabla 2. Selección del equipo de izaje según el orden de instalación.

Durante el izaje de los paneles en edificios de gran altura conviene tener sistemas de cuerdas para controlar los movimientos por las fuerzas de viento, puesto que el peso de los paneles respecto al área expuesta es relativamente bajo y, de no controlarse, pueden alejarse del paramento de la estructura con todos los riesgos del caso. También conviene tener sistemas para enganche rápido para las cuerdas o eslingas que se utilicen, a fin de ocupar el equipo de izaje durante el menor tiempo posible y de colocar desde fábrica las correas que permiten posicionar las platinas de anclaje a la estructura.

La fijación de los paneles a la estructura principal consiste en asegurar la posición de las platinas de anclaje mediante la colocación de anclajes o soldadura, según se haya especificado, para que los paneles queden en la posición más próxima a la definitiva y transmitan su propio peso a la estructura, de manera que el equipo de izaje pueda quedar liberado para repetir el ciclo de instalación. Una vez que los paneles están conectados a la estructura pueden ser nivelados y alineados ajustando las partes móviles del sistema de platinas, de manera que se garantice cumplir las tolerancias asociadas con la desviación admisible para el plomo, los anchos de junta, la alineación de los paneles. La aplicación del sello entre los paneles de GRC y el recubrimiento de silicato es la última actividad de la instalación de fachada, la cual se realiza por fuera de la fachada con personal que trabaja sobre andamios o que se descuelga con cuerdas desde la cubierta.



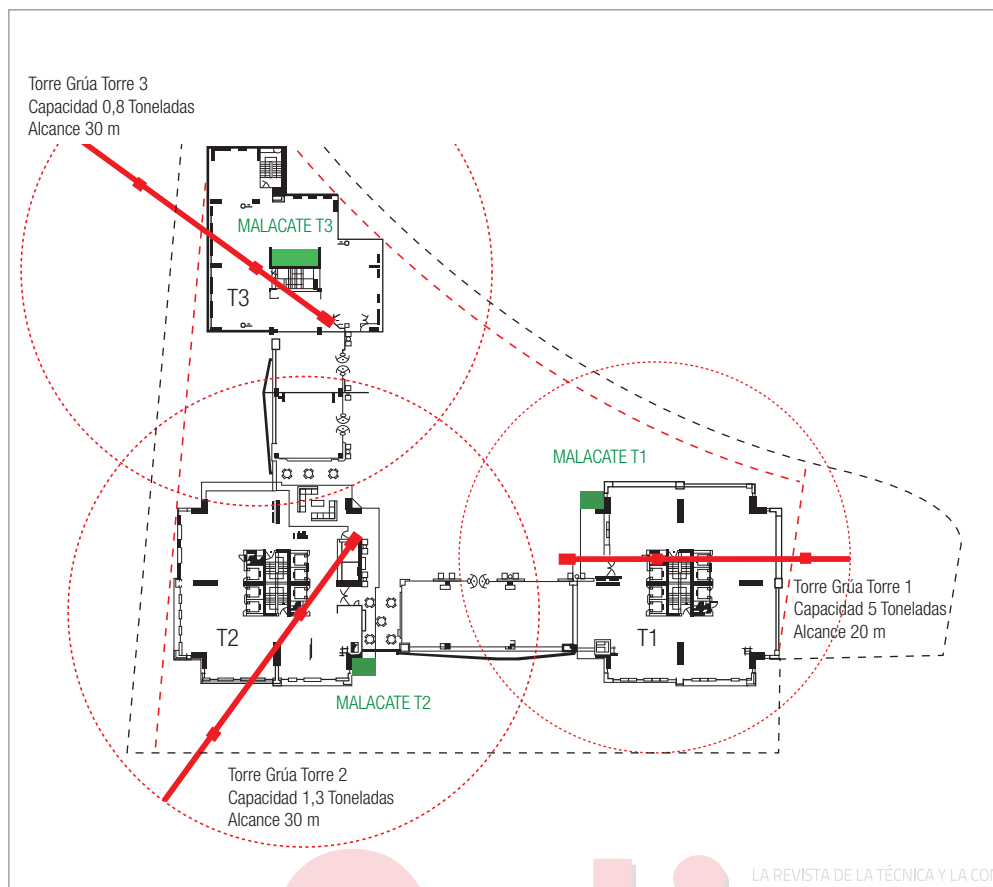


Figura 2. Planta esquemática del proyecto City U en Bogotá, y localización de equipos de izaje.



Proceso de instalación de paneles de GRC en el proyecto City U en Bogotá.

RINOL

**RCR**  
Flooring Applications

RINOL PISOCRETO S.A.S.

**Número 1** en Sistemas para la ejecución de pavimentos industriales



### RCR Silifibre

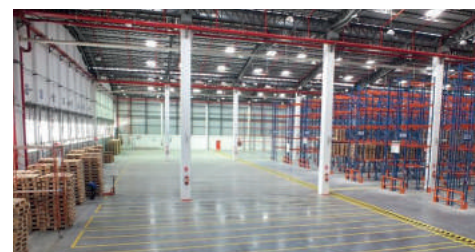
El sistema **RCR SILIFIBRE** ofrece un pavimento industrial de hormigón armado con fibras de acero. Pavimento industrial de gran rendimiento, con instalación de una superficie de rodadura de gran resistencia y juntas constructivas especiales. Diseñado en losas de gran superficie (técnica **"gran panel"**) utilizando métodos mecanizados de nivelación, vibrado y aplicación de capa de rodadura



### RCR Conductil VRS

El sistema **RCR CONDUCTIL VRS** (Volumetric Retraction Stability) ofrece un pavimento que exige un mismo mantenimiento, debido a la ausencia total de juntas de retracción y a una gran impermeabilidad superficial.

Diseñado para losas y pasillos estrechos, permite relaciones desiguales largo - ancho, acomodando las losas a la geometría del proyecto. Al igual que con los métodos mecanizados más avanzados de nivelación. Este sistema, además, dota al pavimento de una menor porosidad lo que lo convierte en muy adecuado para zonas donde puedan producirse vertidos o manchas.



**Rinol Pisocreto S.A.S.**

Calle 168 No. 21 - 20  
Bogotá D.C., Colombia

Teléfonos (57)(1) 878 9848/52/51/53

[pisocretosa@rinolpisocreto.com.co](mailto:pisocretosa@rinolpisocreto.com.co)

[www.rinolpisocreto.com.co](http://www.rinolpisocreto.com.co)

[www.rcrindustrialflooring.es](http://www.rcrindustrialflooring.es)

[www.rocland.es](http://www.rocland.es)



## Beneficios de las fachadas en GRC

### La construcción con prefabricados es más económica

El principal beneficio de utilizar fachadas de GRC en edificaciones de gran altura es la disminución en el plazo de ejecución de la obra, lo cual siempre redundará en mayor rentabilidad para los inversionistas del proyecto. La fachada es una ruta crítica de las edificaciones de gran altura, por lo que la reducción en el tiempo de construcción de la misma se traduce en una disminución igual en el tiempo para la entrega del proyecto. A manera de ejemplo, y sin profundizar en el aspecto financiero, la construcción de una fachada con la magnitud del proyecto City U podría tardar al menos 22 meses de realizarse en mampostería, mientras que con GRC se construye a más tardar en 16 meses, lo que significa que el proyecto empieza a rentar seis meses antes. En cifras gruesas, si la inversión de un proyecto fuera de 140.000 millones de pesos, y suponiendo una rentabilidad esperada de tan solo del 0,8% mensual, el dueño de proyecto contabiliza ingresos por 6.720 millones de pesos por la reducción de seis meses de obra obtenida por la construcción de fachadas en GRC, lo que amortiza más de la mitad del costo de la fachada. Cuando se hace un análisis financiero que considere la rentabilidad del negocio, el costo del capital de trabajo y las variables particulares de cada edificación (nivel de ocupación de oficinas, locales o apartamentos en renta o venta, etc.), el resultado del ingreso es más alto que el que determinan los números gruesos, de manera que lo usual es recomendar que se reduzca el tiempo de construcción con la utilización de fachadas de GRC, lo que en algunos casos puede generar ingresos mayores que el costo de la fachada. Para cualquier tipo de proyecto es importante cuantificar los ahorros en tiempo de construcción, puesto que una alternativa de fachada en GRC, que a primera vista podría resultar costosa, trae importantes beneficios financieros que la convierten en una buena opción para la mayoría de las edificaciones.

### Sostenibilidad

En términos de sostenibilidad, la utilización de fachadas de GRC en edificaciones de gran altura presenta muchas ventajas en relación con otros materiales. Una de ellas es que no se producen escombros en la obra ni materiales sobrantes puesto que los paneles pueden ser reciclados; el sistema permite, por otra parte, que se utilicen materiales aislantes, y es muy baja la emisión de CO<sub>2</sub> durante su producción, transporte e instalación. Las fachadas en GRC aportan puntaje para la certificación LEED en las categorías relacionadas con sitios sostenibles, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad de medio ambiente interior e innovación y proceso de diseño.

### Obras modelo

Las obras en que se instalan paneles prefabricados de GRC son muy ordenadas y aseadas, dejan amplias áreas para el movimiento de las materias primas y generan baja emisión de polvo. Además, tienen baja intensidad de mano de obra, lo cual se traduce, entre otros, en menor riesgo de accidentes, mayor control en los procesos constructivos, mínima manipulación de materiales a granel dentro de la obra y poca área para campamentos y servicios sanitarios. En las temporadas de mayor actividad del proyecto City U, cuando la obra tenía alrededor de 500 trabajadores, los responsables de las fachadas oscilaban entre 9 y 38 personas que realizaban simultáneamente actividades de instalación, sellado de juntas, lavado y aplicación de recubrimiento.

### Durabilidad

Las fachadas con paneles de GRC están diseñadas para larga vida de servicio. Los bastidores metálicos, las platinas de conexión y los anclajes suelen ser galvanizados para prevenir la corrosión en ambientes agresivos. La gran resistencia al impacto, la alta ductilidad y la baja absorción y permeabilidad del GRC, así como la estanqueidad de las juntas y la estabilidad del recubrimiento frente a los rayos ultravioleta y las inclemencias del tiempo, aseguran que las fachadas de GRC tengan buen desempeño y las convierte en una alternativa de grandes ventajas en la construcción de edificaciones de gran altura.

↓ Etapa inicial de la instalación de fachadas del Banco de la República en Manizales.







↑ Avance de la instalación de fachadas del Banco de la República en Manizales.



↑ Avance de la instalación de fachadas del Banco de la República en Manizales.

### Conclusión

Emplear fachadas prefabricadas en edificaciones de gran altura otorga ventajas económicas, de sostenibilidad y durabilidad al proyecto, por lo que son alternativas novedosas, que deben tenerse en cuenta al momento de realizar la planificación del mismo.

# ¡LLEGAMOS A CARTAGENA!

Ahora los constructores de la ciudad tienen la **libertad de elegir calidad, cumplimiento y respaldo**, con la apertura de nuestra nueva planta de Concreto en la ciudad, con la que apoyamos el crecimiento de nuestro país.

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN



**ULTRACEM**  
CEMENTO  
La libertad de elegir



**Dirección:** Zona Franca Parque Central - Manzana ZF-H Lote 89  
Segunda Etapa - Variante Cartagena - Sector Aguas Prietas  
**Línea nacional:** 01 8000 123 987 o **desde el celular:** #399



# Tecnología de aditivos para prefabricados de concreto

Ing. Miguel I. Santamaría Prada – Ingeniero de Desarrollo de Aditivos Sr.  
Toxement S.A., Colombia

Fotos y tablas: Cortesía Toxement S.A.



**Las obras de ingeniería** y de arquitectura realizadas en la Roma clásica ya mostraban indicios de la utilización de materiales prefabricados en la construcción. Los romanos vaciaban el concreto dentro de moldes para elaborar piezas que facilitaban las operaciones en el sitio de trabajo. Esta técnica les permitió construir estructuras complejas como acueductos, túneles y *box couverts*. La historia moderna de los prefabricados nace hacia el año 1905 en Inglaterra, cuando el ingeniero John A. Brodie inventó para una edificación un panel semejante a la malla de un arco de fútbol; posteriormente la idea fue

↑ Existe gran variedad de elementos prefabricados, que se pueden clasificar de muchas maneras.

acogida en el norte de Europa, especialmente en la península escandinava. En 1960 se realizaron las primeras aplicaciones de químicas de aditivos superplastificantes en mezclas de concreto, lo cual abrió la puerta a los concretos de alto desempeño que fueron utilizados simultáneamente en Alemania y Japón. Este es un avance importante porque dio paso al uso de las químicas de aditivo no solo para reducir la proporción de agua en las mezclas, sino porque permitió realizar concretos de mayor fluidez sin riesgos de segregación, con evolución similar de las resistencias a la compresión.



Clasificación de elementos prefabricados

A pesar del gran salto que representó el concreto –principal material en la industria de la construcción– y de los avances tecnológicos que hoy están disponibles en el mercado de aditivos químicos, en Colombia todavía nos enfrentamos a grandes tabúes en su aplicación. El caso es relevante en la industria de la producción de elementos prefabricados en nuestro país, pues un grupo pequeño de ellos se sigue fabricando a veces de manera artesanal y sin un buen control del proceso. Para entender más este fenómeno, hay que tener claro que los elementos prefabricados tienen gran variedad y se clasifican de muchas maneras. Una forma de agruparlos es la siguiente:

- Sistemas para aplicaciones arquitectónicas que difieren en tamaño, función y costo
- Elementos estructurales: vigas, pilotes, losetas
- Tuberías y canales para drenaje de aguas lluvias, servidas e industriales
- Piezas para túneles
- Tanques.

También se pueden agrupar según el tipo de reforzamiento que se emplee:

- Prefabricados en concreto simple y reforzado
- Prefabricados en concreto reforzado con fibras (micro y macrofibras)
- Prefabricados en concreto pretensado
- Prefabricados en concreto postensado.

Otra manera de clasificarlos es por su peso: livianos, semipesados y pesados.

Los primeros también se llaman ligeros y son piezas con peso menor a 30 kg; se caracterizan porque pueden ser colocados manualmente por uno o dos operarios como en los casos de losetas, adoquines, tabletas, pequeños paneles y bloques, entre otros. En la mayoría de casos se destinan a elementos decorativos o como parte de sistemas para realizar muros de mampostería, pisos modulares o aligerantes para losas de entrepisos. La mayoría de estas piezas se fabrican con mezclas secas o cero slump.

Los elementos prefabricados que se clasifican como semipesados tienen peso inferior a 500 kg; para su manejo y colocación en obra requieren medios mecánicos simples: pequeñas grúas, sistemas de poleas, palancas, malacates, montacargas, torres de izaje, etc. En la industria tenemos como ejemplo las vigas pretensadas para losas de entrepisos.

Los elementos pesados son los que superan los 500 kg y exigen para su puesta en obra maquinaria pesada como las grúas de gran formato. Algunos ejemplos son las vigas de puentes, postes y grandes paneles. Es común que los elementos semipesados y pesados se fabriquen utilizando mezclas de concreto de alto desempeño.



➔ Es común que los elementos semipesados y pesados se fabriquen utilizando mezclas de concreto de alto desempeño.

Tecnología de aditivos para prefabricados de concreto

Al hablar de tecnologías de aditivos, necesariamente tenemos que hacer referencia a los dos tipos de mezclas de concreto que se utilizan en la industria del prefabricado, que pueden aplicarse independientemente de la clasificación que se les haga. Son ellas:

- Mezclas secas o no-slump.
- Mezclas húmedas que pueden ser de slump o de extensibilidad.

Mezclas secas

La principal característica de las mezclas secas es no tener asentamiento, y la elaboración de las piezas prefabricadas es por vibrado y compactación en la gran mayoría de los casos. Por lo general tienen alta proporción de agregado fino, entre 70% y 100% del volumen total de los agregados utilizados (debido a la técnica de fabricación de los elementos ya mencionada). En ocasiones las mezclas pueden tener agregado grueso, pues esto ayuda a incrementar la resistencia de los elementos. La guía ACI 211.3R-02 proporciona la metodología para el diseño de este tipo de mezclas que son de no slump, o que el slump no excede de 2,54 cm (1”). Esta norma hace una serie de precisiones que se resumen a continuación:

- Es preferible que la gradación de los materiales utilizados en estas mezclas cumpla la normativa ASTM C33/C33M – 16, aclarando que los tamaños máximos utilizados dependen del tipo de encofrado y de la densidad de refuerzos de los elementos.
- No se puede hablar de una consistencia única para este tipo de mezclas, pues ella depende del tipo de colocación y de los equipos empleados. La guía contempla las técnicas del aparato VeBe o de la tabla Thaulow drop, entre otras, como métodos para medir la consistencia de las mezclas, que permiten fijar los contenidos óptimos del agua de diseño. En la tabla 1 se muestra la tabla Thaulow drop.

| Descripción de la consistencia | Slump, mm | Slump, in | VeBe, s |
|--------------------------------|-----------|-----------|---------|
| Extremadamente seco            | -         | -         | 32 a 18 |
| Muy duro                       | -         | -         | 18 a 10 |
| Duro                           | 0 a 25    | 0 a 1     | 10 a 5  |
| Semiplástico                   | 25 a 75   | 1 a 3     | 5 a 3   |
| Plástico                       | 75 a 125  | 3 a 5     | 3 a 0   |
| Muy plástico                   | 125 a 190 | 5 a 7,5   | -       |

↑ Tabla 1 Comparación de las mediciones de consistencia para Slump y el aparato VeBe. ACI 211.3R-02.



- En cuanto a las relaciones a/mc de las mezclas de concreto, la guía recomienda algunas de acuerdo a la resistencia requerida.

Teniendo ya claros los rasgos principales de estas mezclas, los productores de este tipo de prefabricados pueden evidenciar los retos que tienen ante sí:

- Realizar un correcto control de la humedad en el interior de las mezclas de concreto para evitar reprocesos en la producción de los prefabricados.
- Lograr la correcta lubricación de las mezclas, que permita la acomodación de las partículas en el molde sin que se generen porosidades, discontinuidades, y con superficies de textura y suavidad bajas (bajo *Swipe*).
- Controlar en las piezas las eflorescencias, un fenómeno que se produce en la superficie exterior de los elementos; consiste en la recristalización de sales que provienen del mismo prefabricado y que se distribuyen mediante disolución con el agua que los atraviesa y la posterior evaporación al llegar a la superficie. Siguiendo una adaptación de la norma UNE 67029:1995 EX –que expone un método para conocer la eflorescencia de las unidades de ladrillo de arcilla que sufren la misma patología que los elementos de concreto– se consideran dos parámetros para clasificar las eflorescencias:
- Intensidad de la eflorescencia. Que puede ser velo fino, velo grueso o mancha.
- Superficie afectada. En la tabla 2 se muestran las posibles eflorescencias según la superficie afectada.

| Intensidad  | Superficie afectada     |                         |                         |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|             | > 25 %                  | > 5% hasta 25%          | < 5%                    |
| Velo fino   | Ligeramente eflorescido | No eflorescido          | No eflorescido          |
| Velo grueso | Eflorescido             | Ligeramente eflorescido | Ligeramente eflorescido |
| Mancha      | Muy eflorescido         | Eflorescido*            | Ligeramente eflorescido |

\*Cuando la mancha afecte sólo a vértices y aristas se calificará como ligeramente eflorescido. UNE 67029:1995 EX

↑ Tabla 2. Posibles eflorescencias según la superficie afectada.

Una vez identificada la característica o propiedad requerida en el elemento prefabricado, se debe elegir el aditivo químico enfocado a solucionar las posibles dificultades que se puedan presentar al producirlo con mezclas secas. En la tabla 3 se presenta una tabla de selección de aditivos para producción de prefabricados con mezclas secas:

| Descripción del aditivo                                                                                                                                                                 | Usos                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aditivos plastificantes compuestos por polímeros con alto poder de dispersión que proveen adecuada consistencia a las mezclas de concreto secas.                                        | Para obtener bajas relaciones a/mc; para concretos con mala gradación de los agregados que generan mezclas porosas y poco cohesivas, y para concretos de alto desempeño.                                                                                                   |
| Aditivos lubricadores y mejoradores de textura ( <i>Swipe</i> ).                                                                                                                        | Facilitan la colocación del concreto porque permiten la correcta lubricación de los materiales en los procesos de vibración y compactación de las piezas. Proporcionan a las piezas prefabricadas texturas de media a alta, mejorando la estética de los productos.        |
| Aditivos para el control de eflorescencias y reductores de la absorción. Tecnología multifuncional que emplea polímeros de silicona y componentes que resisten la migración de humedad. | Realizan un bloqueo interno en el concreto, el cual permite bajar la absorción de los elementos y el transporte de sales en el interior de concreto, reduciendo el fenómeno de eflorescencias. También ayudan a estabilizar el color integral en las piezas prefabricadas. |
| Aditivos para el color integral del concreto.                                                                                                                                           | Estos productos generan piezas estéticas y diferenciadoras. Son pigmentos sintéticos inorgánicos especializados, para mantener la estabilidad del color a través del tiempo.                                                                                               |

↑ Tabla 3. Tipos de aditivos para la producción de prefabricados de concreto con mezclas secas.

### Mezclas húmedas

El otro tipo de mezclas son las húmedas, que poseen asentamiento, el cual, en la mayoría de los casos, supera las 5" y/o que también se encuentran en aplicaciones de extensibilidad. El requerimiento principal para estas mezclas está asociado a la producción de concretos de alta resistencia inicial a edades de 14 y 24 horas y con resultados mayores a 21 MPa, por lo cual estas mezclas a edades tardías (28 días) superan ampliamente los 49 MPa y deben entonces considerarse como concretos de alto desempeño. Estas mezclas deben diseñarse bajo los criterios de la guía ACI 211.4R-08 teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones para concretos de alto desempeño:

- Material ligante de buen desempeño en reología y resistencia
- Agregado grueso de forma cúbica, limpio y fuerte
- Agregado fino bien gradado, con módulos de finura entre 2,7 y 3,0.
- Súper plastificantes que sean totalmente compatibles con el cemento seleccionado, para dar las reducciones de agua que se esperan y la trabajabilidad necesaria para su colocación.

Para satisfacer estas recomendaciones el mercado ofrece tecnologías para la producción de los elementos prefabricados que se describen en la tabla 4.

En consecuencia, con la tecnología de productos químicos adecuada en las diferentes etapas del proceso es posible lograr elementos prefabricados con altos estándares de calidad, que sean funcionales, estéticos y que ahorren tiempo en los procesos constructivos.



| Descripción del aditivo                                                                                                                                                                             | Usos                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aditivos súper plastificantes compuestos por polímeros con alto poder de dispersión que proveen adecuada reología al concreto prefabricado, tanto en mezclas de <i>slump</i> como de extensibilidad | Se emplean para la configuración de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concreto con baja relación agua/ material cementante</li> <li>▪ Concretos con agregados que generan mezclas ásperas y poco cohesivas</li> <li>▪ Concretos de alto desempeño.</li> </ul> |
| Aditivos para controlar la hidratación del cemento.                                                                                                                                                 | Facilitan la colocación del concreto, tienen superior sostenimiento de la trabajabilidad con mínima afectación en tiempos de fraguado.                                                                                                                                |
| Acelerantes de fraguado libres de cloruros.                                                                                                                                                         | Recomendados para concretos que requieren fraguados muy cortos que ayudan a obtener las resistencias tempranas necesarias en este tipo de mezclas.                                                                                                                    |

↑ Tabla 4. Aditivos para la producción de prefabricados de concreto con mezclas húmedas.



↑ Una vez identificada la característica o propiedad requerida en el elemento prefabricado, se debe elegir el aditivo químico enfocado a solucionar las posibles dificultades que se puedan presentar al producirlo.

Por esta razón es importante que trabajen en conjunto el productor y el proveedor de tecnología de aditivos con el claro objetivo de:

- Elegir las químicas de los aditivos adecuadas, que nos garanticen un excelente proceso de producción de los prefabricados y que estos sean durables en el tiempo.
- Seleccionar las químicas adecuadas que controlen los ataques externos a los que estarán sometidos los elementos durante su vida útil.

## Bibliografía

1. P. -C.AİTCIN: Concreto de Alto desempeño.
2. N. Spiratos, M. Pagé, N.P. Mailvaganam, V.M. Malhotra, C. Jolicoeur: Superplasticizers for concrete. (Fundamentals, Technology and practice).
3. ACI 211.3R-02: Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete.
4. ACI 211.4R-08: Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cmt & Other Cementitious Material.
5. ASTM C33/C33M – 16: Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.
6. Norma UNE 67029:1995 EX: Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de eflorescencia.
7. Documento Interno de especificación de Toxement.

- Control de materiales para la construcción de obras civiles.
- Ensayos Químicos.
- Perforación y ensayos para la industria del Petróleo y Minería.
- Estudios y diseños Geotécnicos.
- Proyectos de infraestructura y construcción de vías.
- Consultoría, Capacitación y Formación.



info@echeverryingenieria.com  
PBX: 2255814-6304515-2315608  
Celular: 3208096446.  
Bogotá, Colombia.



Palazzo Italia en Milán

# Una fachada que captura la contaminación



↑ El Pabellón de Italia es la única pieza arquitectónica permanente de Expo Milán 2015.  
FLICKR - OLIVA PAONU

El Pabellón Palazzo Italia fue diseñado para la exposición mundial Expo 2015 en Milan, Italia, con una fachada que es pragmática y a la vez artística. La fachada del edificio, que semeja un bosque, impresiona además porque se construyó con concreto que limpia el aire cargado de smog de la ciudad. El Palazzo Italia es el símbolo de un desafío arquitectónico y constructivo, una obra que se caracteriza por la experimentación y la innovación en términos de diseño, materiales y tecnología utilizada. Además fue concebido como una edificación sostenible.





**Inspirado** en una arquitectura natural, en la cual el tejido ramificado de la piel exterior del edificio genera luz y sombras alternas, plenitud y vacío, y recuerda las obras de arte de la tierra, el Pabellón Palazzo Italia en la Expo 2015 de Milán es un edificio de 14.400 m<sup>2</sup> en seis niveles. Alcanza una altura máxima de 35 m con 60 m de ancho y 60 m de largo y tiene espacios de exposición, espacios para eventos, oficinas, restaurantes y terrazas. Se considera un desafío arquitectónico y constructivo por su complejidad y por la innovación en diseño, materiales y tecnologías utilizados.

### Diseño arquitectónico

Por su espectacular arquitectura y su ubicación en el corazón del evento, esta estructura se convirtió en el principal atractivo durante y después de la exhibición, pues es la única edificación que se mantiene en pie tras haberla finalizado.

Para los diseñadores, el fundamento del Palazzo Italia era el concepto de cohesión en el que la fuerza de atracción genera sentido de comunidad y pertenencia, donde el interior representa la energía de la comunidad. El diseño arquitectónico está basado en el concepto de “Bosque Urbano”, con una envolvente exterior ramificada, con una geometría única y original que evoca las ramas entrelazadas al azar.

↑ Toda la superficie exterior, así como parte del interior, está cubierta con paneles de concreto fotocatalítico.  
CORTESÍA IDEALISTA.ITTEAM

El recorrido comienza en la parte interior de la edificación, un espacio que da la bienvenida a los visitantes. Las elevaciones inclinadas curvadas dan una sensación de fluidez y dinamismo. Las escaleras que se elevan desde la plaza, conectan visualmente las plantas. El espacio de triple altura que se desarrolla desde la segunda a la cuarta planta es visible desde la plaza, y alberga el área de exposiciones.

### Sostenibilidad

El edificio está diseñado de una manera sostenible gracias a la contribución de vidrio fotovoltaico en el techo -que alimenta cerca de 11.000 lámparas led- y las propiedades fotocatalíticas de concreto utilizado, convirtiéndolo en un edificio “Net Zero Energy”, lo que significa que es capaz de cubrir la energía que requiere, de manera autónoma.

### La fachada

La fachada del sinuoso edificio —el aspecto más singular, innovador y sostenible de la estructura— está conformada por más de 700 paneles prefabricados, cada uno con diseño diferente, que resaltan las formas esculpidas de la edificación.



Para hacer esta fachada ejecutable y construible, llena y enrarecida al mismo tiempo, pero especialmente única en su evolución, fue necesario concebir las ramas a través de superposiciones o capas. Una capa primaria y estructural repetitiva cada piso, y tres capas arquitectónicas exteriores. Para los paneles visibles desde el interior del edificio, se agrega una cuarta capa arquitectónica. Estas capas, todas diferentes pero en una continuidad precisa, dan vida a la singularidad del esquema de las costillas visible en la fachada.

### Concreto especial

Para la fabricación de los elementos de fachada, fue requerido un microcemento especial y una técnica particular de producción, para obtener un concreto de alto desempeño, blanco, fotocatalítico, autocompactado (flujo de 30 cm), con resistencia a la flexión particularmente alta (60 MPa), y alta durabilidad, gracias a los bajos niveles de absorción de agua de los elementos prefabricados.

El principio fotocatalítico consiste en que, bajo la luz directa del sol, el principio activo contenido en el material “captura” varios de los contaminantes presentes en el aire y los convierte en sales inertes, lo que ayuda a purificar la atmósfera de la polución.

El concreto utilizado es 80% reciclado, incluyendo material de desecho de las canteras de mármol en Carrara, que otorga más brillo si se compara con un concreto tradicional.

### Diseño

Para los 9.000 m<sup>2</sup> de fachada se realizaron más de 9.000 dibujos en 3D de los 725 elementos únicos que la componen. Gracias al diseño 3D fue posible controlar -además del complejo diseño de los elementos- su proceso de fabricación, así como su método de soporte, elementos de conexión y el proceso de instalación. Cada elemento fue modelado con software especial y enviado a producción con tecnología inteligente.

### Producción industrializada de los elementos de fachada

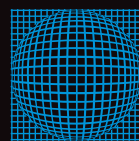
El proceso de fabricación industrializado utilizó moldes y formaletas especiales que garantizan superficies de alta calidad de los paneles. La mayoría de los elementos de la fachada fueron fabricados verticalmente, con vaciados de abajo hacia arriba, a fin de obtener las delicadas y particulares ramas de la fachada. También se emplearon formaletas horizontales, inclinadas o curvadas con moldes específicos, dependiendo de la forma y posición final del elemento.

El método permite obtener superficies de alta calidad, elementos con geometrías formadas con precisión, sin vibraciones, además de prevenir la inclusión de aire en el concreto. Por esto, está íntimamente ligado al uso de concreto autocompactante, aunque también puede emplearse concreto convencional, y realizar un posterior proceso de vibrado.

↓ Toda la superficie exterior, así como parte de la interior, está cubierta con paneles prefabricados de concreto. CORTESÍA IDEALISTA.ITTEAM







Soluciones con Geosintéticos que construyen el futuro.

## Pavimentos



## Geotecnia



## Hidráulica



## Control de Erosión



Para el caso específico del Palazzo, se utilizaron además moldes de poliuretano donde se vertió la mezcla especial, mediante una bomba peristáltica que permite vaciar el concreto de abajo hacia arriba. Así, el aire es empujado hacia arriba, fuera del encofrado, garantizando una distribución homogénea del concreto dentro del mismo. De este modo se evitan las inclusiones de aire y se aseguró que las ramificaciones que componen los paneles estuvieran formadas idealmente.



↑ La fachada fue diseñada como un "bosque urbano" mediante la envolvente exterior ramificada. Para el diseño de esta "piel" se creó una textura geométrica única y original que evoca ramas entrelazadas al azar.

FLICKR-RICCARDO NAVA

## Instalación de paneles

Acto final, pero estudiado desde el principio y contemplado en el diseño del proceso constructivo, se prosiguió con la instalación de los paneles que componen la fachada, una labor relevante y crucial, al igual que cada paso previo, teniendo que adaptar una variedad de objetos con diversas formas y cumplir con la articulación de pocos milímetros requerida entre paneles.

Para la instalación se desarrollaron y adaptaron equipos de elevación especiales, dada la complejidad de forma de los prefabricados y su posición única en el espacio, así como sistemas de suspensión de última generación.

## Conclusión

El Palazzo Italia es, sin lugar a dudas, un desafío arquitectónico y un símbolo de la construcción contemporánea, caracterizado a su vez por la innovación en términos de diseño, materiales y tecnologías. Una gran muestra de edificio sostenible que representa una arquitectura más natural.

## Referencias

- [www.ratec.org/fileadmin/resources/downloads/Presse/1601\\_Ratec\\_en.pdf](http://www.ratec.org/fileadmin/resources/downloads/Presse/1601_Ratec_en.pdf)
- [arqa.com/arquitectura/italy-pavilion-milan-expo-2015.html](http://arqa.com/arquitectura/italy-pavilion-milan-expo-2015.html)
- [ccea.mx/medio-ambiente/palazzo-italia-el-edificio-que-puede-absorber-smog/](http://ccea.mx/medio-ambiente/palazzo-italia-el-edificio-que-puede-absorber-smog/)
- [www.ratec.org/fileadmin/resources/downloads/Presse/englisch/2016\\_editionopusC\\_expo\\_en.pdf](http://www.ratec.org/fileadmin/resources/downloads/Presse/englisch/2016_editionopusC_expo_en.pdf)

Síguenos en:



GeomatrixSAS

(57 -1) 424 99 99



[www.geomatrix.com.co](http://www.geomatrix.com.co)





Una arquitectura majestuosa impresa en una construcción excepcional:

# Patricia & Phillip Frost Museum of Science





← Toda la estructura es un singular conjunto de edificios que representan una hazaña innovadora para la ingeniería y la ciencia. La construcción de este gran proyecto está próxima a concluir.

FLICKR-PHILLIP PESSAR

**Se construye en Miami**, Florida, la nueva sede del Patricia and Phillip Frost Museum of Science. Inaugurado en 1949 y conocido antes como Museo de Ciencia de Miami, en el centro de la ciudad y con vista a la bahía de Biscayne, que promete llevar nuevos aires al sector. El nuevo Museo, que espera recibir más de un millón de visitantes por año, incluirá un centro de innovación, un planetario, un singular acuario y un centro de exploración. El planetario contará con una amplia cúpula y un auditorio para 250 personas, además ofrecerá proyecciones interiores y exteriores en alta definición para que en la noche se puedan recrear un planeta, un campo de fútbol o cualquier imagen que se desee. La idea es hacerlo visible no solo para visitantes sino para los habitantes de Miami. Es un lugar que combina el cosmos, la magia y la nostalgia.

El proyecto es un singular conjunto de edificios que representan una hazaña innovadora para la ingeniería y la ciencia, desde las casi 26 horas que tomó el vaciado de concreto para la conformación del acuario inclinado hasta las secciones de "piel de naranja" que conforman el planetario. Así, lo que más sorprende a primera vista, es el revolucionario diseño, el cual también lo convertirá en uno de los museos más innovadores de su tipo, y que a su vez incluye la astronomía y la vida marina. Cada componente del edificio es una exhibición de vida y, al mismo tiempo, un espacio orientado a los principios de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente. La construcción de este gran proyecto está próxima a concluir.

Render estructura del museo Patricia & Frost  
CORTESÍA PATRICIA AND PHILLIP FROST MUSEUM OF SCIENCE





El “núcleo viviente” del museo, compuesto por un acuario y un centro de vida silvestre actuarán como un microcosmos de la ecología local del sur de la Florida. Las nuevas instalaciones son una arquitectura que combina ambiente, sociedad y naturaleza, con techos verdes que albergarán flora y fauna, un sistema de recolección de agua lluvia, y espacios libres energizados por el aire exterior. Además, el lugar es complementado por un humedal artificial que controlará la escorrentía de aguas pluviales. El proyecto tiene como objetivo crear un modelo de sostenibilidad a gran escala con ventilación de alto desempeño y sistemas de aire e iluminación natural. El museo será un activo destinado a impulsar el progreso económico y arquitectónico de la ciudad.

### Arquitectura, la historia detrás del edificio

El primer museo de ciencia de la ciudad ubicó una exhibición interactiva para ver lo que la comunidad quería en una estructura de este tipo. El resultado incluyó un iluminado espacio abierto explorando los ecosistemas únicos del sur de Florida, un planetario, exhibiciones en un espacio exterior y salud humana. Con esa experiencia, y con el deseo de expandir los programas de ciencia marina en un acuario, en 2007, se adjudicó el diseño arquitectónico del nuevo museo a una firma de arquitectos londinenses.

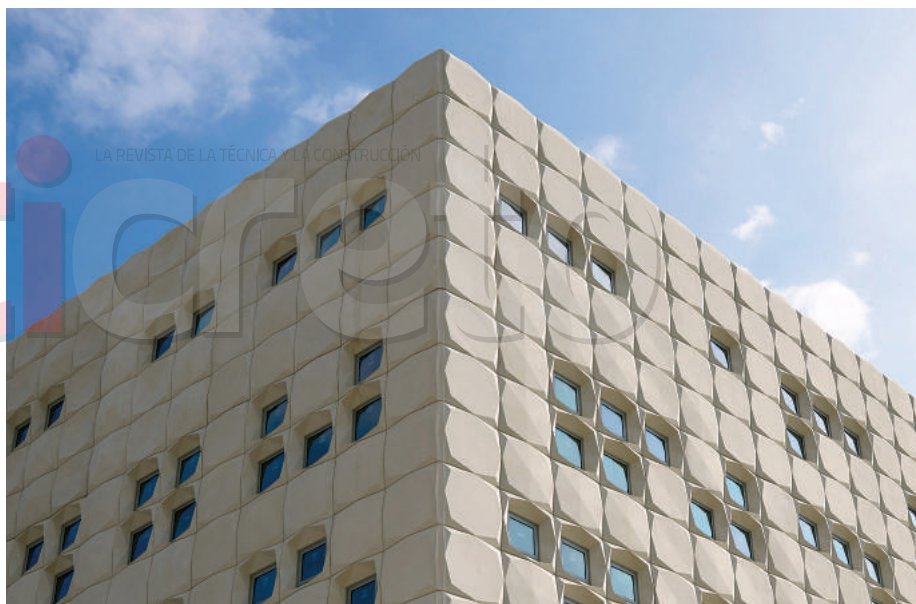
### Aproximación al diseño

Conectando la agitada vida del centro de Miami y la vida acuática de la bahía de Biscayne, el museo de ciencia Patricia & Phillip Frost se diseñó con el fin de lograr un lugar apropiado para explorar los mundos naturales y artificiales. El diseño respondió a dicha exigencia creando un complejo de cuatro edificios conectados entre sí, que permiten aprovechar elementos como la brisa y el sol para hacer del proyecto una conexión entre el mundo exterior e interior. Esta postura abierta maximiza los vientos frescos, haciendo los espacios laterales agradables, y ayudando al proceso de certificación LEED que quiere alcanzarse.

Una meta clave del museo es reducir el umbral de solo aprendizaje. Por esto se diseñó el lugar con un sentido acogedor de bienvenida de varias formas. Primero, el complejo se divide en cuatro edificios que se relacionan el uno al otro como parte de un rompecabezas, y que a la vez anima a los visitantes a recorrerlo en su totalidad. El diseño del proyecto expresa un diverso programa de construcción que es similar a un campus con varios edificios atados entre sí, en vez de un singular edificio. El patio abierto al aire libre que se corta entre los edificios expresa la respiración de personas e ideas, haciendo del complejo un ambiente dinámico que conecta la comunidad y el ecosistema a su alrededor.

### Forma y color

La variedad de formas de los edificios crean un contraste y sentido de mundos e ideas diversas, de forma que la estructura y el medio contrastan con el color. Los edificios en forma de barra están unidos y forman unos brazos abiertos. Los diseñadores plantearon a estos dos edificios una fachada unificada, animada con diferentes texturas geométricas que van hacia adentro y hacia afuera y que juegan con la luz del día. Está compuesta de elementos cóncavos, convexos y algunos con un agujero de vidrio, de tal manera que se logran diversas combinaciones para la piel de la edificación. La textura de la fachada también connota patrones dentro de la ciencia, tales como células vegetales, un código para computadoras o la estructura del ADN. En la parte posterior de los brazos extendidos o edificios regulares, se encuentra el acuario, el cual tiene forma de goteo orgánico cuando se observa por encima.



↑ La fachada unificada de los edificios regulares forma píxeles que la animan con diferentes texturas geométricas que van hacia adentro y hacia afuera y juegan con la luz del día a través del cambio que se produce.  
CORTESÍA MISSIONBAIA

### Diseño del museo

Dentro del diseño del nunca se contempló la forma de un barco. Sin embargo, las vistas laterales del edificio ofrecen líneas similares a la proa de una nave, lo cual agrega particularidad a la estructura. Si se observa el planetario desde el acuario, este toma la forma de una esfera icónica, evocando el espacio exterior y la exploración planetaria. La suave tonalidad blanca de todo el museo, se combina con algunos tonos azules en diferentes edificios como turquesa del mar para el acuario, azul oscuro en el espacio exterior para el planetario y el azul claro de las brisas del océano para los extremos, los cuales unifican el campus de una manera armónica.



El nuevo Museo tendrá un espacio total de 24.000 m<sup>2</sup> dividido en diferentes espacios que combinan salud, alimentación, tecnología, física básica y especies vivas. Contará con un revolucionario acuario de tres plantas, una galería de 930 m<sup>2</sup>, una cubierta verde, un planetario digital multimedia 3D, un observatorio, un centro de aprendizaje y un parque.

Dado que buena parte de las instalaciones son al aire libre, el Museo está diseñado en cinco niveles de altura con cuatro estructuras separadas, incluyendo la esfera que compone la cúpula del planetario, dos edificios similares en forma de barra y un acuario en forma de cono. Estos edificios están conectados por balcones y pasillos techados que proporcionarán vistas de la bahía y el puerto de Miami. Los edificios ubicados en el Este y el Oeste albergarán el espacio de exposición, el centro de aprendizaje y cafeterías. El “núcleo viviente”, pieza central del museo, albergará exposiciones como un aviario, un acuario de arrecifes del Índico-Pacífico de coral, peces, vivero de manglares, entre otros.

El Acuario, donde muchos visitantes comenzarán su recorrido, es el corazón del lugar. Así que para aumentar el sentido de la exploración científica y la inmersión en el lugar, se diseñó una experiencia vertical donde se podrán encontrar impresionantes ecosistemas acuáticos en el nivel de la superficie al aire libre. Luego, por debajo de la línea de flotación, se encontrará un espacio interior más íntimo e inmerso. El acuario, diseñado en forma de cono, se

extiende por tres pisos y ofrece un crucero para peces de mar abierto.

### El acuario

El acuario en forma de cono o copa de martini, tiene un diámetro de 30,50 m. Contendrá cerca de 500.000 galones de agua de mar con especies locales como rayas, atunes, tortugas y tiburones. En el vértice del cono hay un gran vidrio donde las especies que habitualmente están en aguas abiertas como el atún y el tiburón puedan moverse como en su medio marino real, gracias a un ambiente controlado que simulará el flujo de agua para mantener las condiciones propias del golfo de México.

La estructura del acuario está suspendida desde el cuarto nivel –donde habrá una plataforma de observación– atraviesa tres pisos, es visible desde todos los niveles y su luz natural se proyectará hasta el inferior. En la base, se encuentra un óculo de 9,2 m de ancho que ofrecerá una vista submarina del acuario y una visión del cielo abierto a través del agua. Quienes recorran las galerías interiores podrán contemplar el acuario a través de múltiples vidrios dispuestos en todo el edificio. La estructura se construyó en concreto postensado, fundido monolíticamente in situ, y comprimido mediante cables tensados para soportar el peso de la estructura y el agua contenida, con muros cuyo espesor oscila entre 0,7 m y 1,5 m, que actúan también como una barrera y reducen la interferencia entre el acero de refuerzo y el delicado sistema sensorial de los tiburones.



↑ El “núcleo viviente”, pieza central del museo, albergará exposiciones como un aviario, un acuario de arrecifes del Índico-Pacífico de coral, peces, vivero de manglares, entre otros.

CORTESÍA PATRICIA AND PHILLIP FROST MUSEUM OF SCIENCE



# TUBOX®

----- productos para vivir el desarrollo del país

pbx: [571] 756-5545  
calle 22 A # 129 - 87  
bogotá - colombia

[tubox@tubox.com.co](mailto:tubox@tubox.com.co)

[www.tubox.com.co](http://www.tubox.com.co)





**1** Proceso constructivo del acuario, el cual tiene una forma de cono o copa de Martini. Tiene un diámetro de 30,50 m, y contendrá cerca de 500.000 galones de agua de mar con especies locales como rayas, atunes, tortugas y tiburones.  
CORTESÍA BAKER CONSTRUCTION

**2** Con el fin de evitar la fisuración en las paredes de la estructura, el acuario fue construido con concreto postensado para el que se utilizaron aproximadamente 15.300 m de cable.  
CORTESÍA BAKER CONSTRUCTION

**3** Ante la inclinación del eje del cono del acuario, los ingenieros tuvieron que diseñar cuatro tipos de mezcla de concreto diferentes. El proceso de vaciado de concreto para el acuario tomó 26 horas continuas de trabajo.  
CORTESÍA BAKER CONSTRUCTION

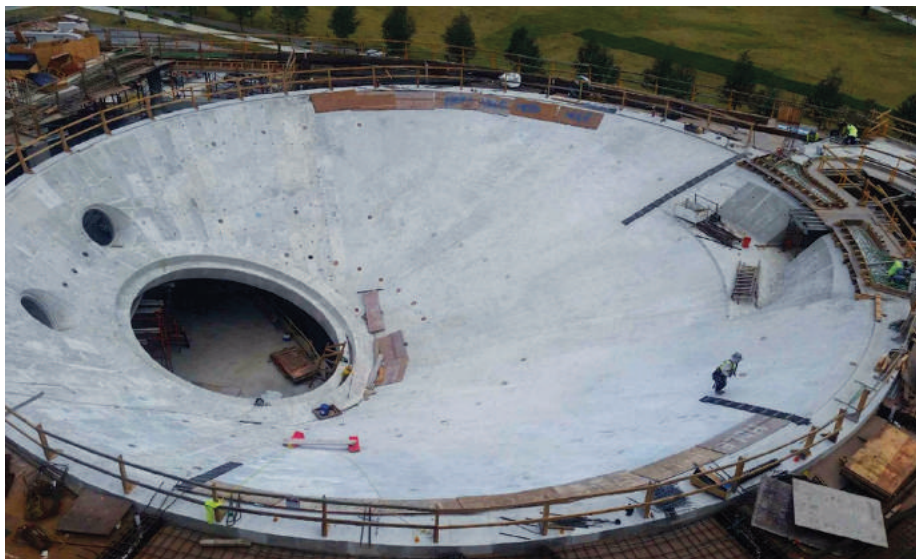
Para fundir este gran volumen fue necesario vaciar casi 900 m<sup>3</sup> de concreto continuamente durante 26 horas, utilizando 131 camiones mezcladores y dos frentes de trabajo de 150 personas cada uno. Se presentaron diversos desafíos, entre ellos, que el edificio contribuyera –desde su construcción– al medio ambiente. Por esto se incluyeron adiciones como escoria de alto horno al concreto. El eje del cono del acuario tiene un giro entre 22° y 44°, por lo que una mezcla normal de concreto no fluiría adecuadamente. Por ello los ingenieros tuvieron que diseñar cuatro tipos de mezcla de concreto diferentes, con ayuda de diversos tipos de aditivos, que fueran lo suficientemente densas y que pudieran curarse de manera eficiente, pensando a la vez que pudieran fluir con facilidad sobre toda la estructura de acero de refuerzo. Antes de fundir los elementos del acuario, los ingenieros perfeccionaron las mezclas con diferentes pruebas a fin de mantener la viscosidad óptima.

También fue importante el correcto vibrado del concreto durante el vaciado, incluso en los ángulos pronunciados, a fin de lograr la máxima homogeneidad posible de la mezcla. Para este procedimiento se utilizaron 29 vibradores, y los trabajadores recibieron entrenamiento previo para compactar el material en el ángulo correcto. Durante el vaciado los ingenieros llevaron un concreto “justo”, es decir, con menos agua en la mezcla, y después añadieron el agua según la necesidad de cada zona del acuario donde se estaba trabajando.

El peso total de la estructura antes de llenarse de agua es de 4.400 toneladas, sostenidas sobre la galería del Museo por seis columnas de concreto con la excepcional resistencia a compresión de 70 MPa (los estribos de los puentes normalmente tienen capacidad a compresión de 35 MPa).

El diseño del acuario responde a la intención de plasmar el hábitat natural de los arrecifes coralinos de la costa de Florida y la importancia de la corriente principal del golfo de México. Aparte de crear efectos interiores con la refracción de la luz a través del agua, los visitantes se sentirán como en un ambiente del mar abierto y no percibirán las paredes de la estructura gracias a la geometría del acuario.





↑ Fue importante el correcto vibrado del concreto durante el vaciado del acuario, incluso en los ángulos pronunciados, a fin de dejarlo con la máxima homogeneidad posible.

CORTESÍA BAKER CONSTRUCTION

### El Planetario

La estructura del planetario tiene 20 m de diámetro y capacidad para unas 250 personas sentadas en graderías. Cuenta con sistemas de sonido envolvente y de proyección de ultra-alta resolución. Fue construido con concreto fundido en la mitad inferior y 32 secciones prefabricados de concreto tipo “cáscaras de naranja”, colocadas encima de la parte fundida in situ, que formaron una cúpula perfecta para constituir la esfera del planetario. Cada panel prefabricado pesa 23 toneladas, y para su instalación se requirió una grúa de 550 toneladas. Para el ensamble se construyó primero una torre central de apuntalamiento de 16 m de alto en la parte central con el fin de ubicar y unir los paneles prefabricados uno por uno y cada uno frente a otro, evitando cargas laterales en la cúpula. La instalación exigió trabajar sin pausa 24 horas al día durante dos semanas y media.

↓ Durante el ensamble del planetario, los ingenieros construyeron primero una torre central de apuntalamiento de 16 m de alto en la parte central con el fin de ubicar y unir los paneles prefabricados uno por uno y cada uno frente a otro, evitando cargas laterales en la tapa de la cúpula.

CORTESÍA WORLD RED EYE AND GOLDEN DUSK



### Características de sostenibilidad del edificio

La cubierta verde estará equipada con un sistema de recuperación de aguas lluvias que regará las plantas, los jardines y las paredes verdes. Poseerá, además, paneles solares fotovoltaicos que generarán electricidad para todo el complejo. Tiene además un diseño de respuesta climático mediante vidrios optimizados. La ventilación se realizará mediante la circulación natural del aire libre y con sistemas de aire acondicionado de bajo consumo.

La sostenibilidad ha sido la misión primordial del museo. Parte de ella es entender como afectamos al medio ambiente, como este nos afecta y como la innovación puede guiar un mejor futuro. Esto es especialmente importante dada la ubicación de Miami en una estrecha franja de tierra entre el océano y los Everglades, una región pantanosa subtropical de Florida. Mientras que los programas de ciencia del museo aumentarán la conciencia de cada visitante para preservar el medio ambiente, el edificio expresa las mejores prácticas en diseño, construcción y operación de edificios verdes, así como la utilización de últimas tecnologías.

Con el fin de rastrear y reconocer el compromiso del museo con la sostenibilidad, Frost Science ya está registrado en el U.S. Green Building Council's Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) y tiene como objetivo obtener la certificación LEED Gold. A continuación se presentan algunos de los aspectos ecológicos del nuevo edificio:

#### Para las personas

- Control personalizado de iluminación y sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, Heating, ventilation and air conditioning).
- Monitoreo de la calidad del aire en interiores.
- Programa de ocupantes activos, animando a los visitantes y a funcionarios a tomar decisiones más saludables en su vida cotidiana.
- Programa de limpieza ecológico con agentes de limpieza naturales y no tóxicos y equipo de limpieza ergonómico.

#### Espacios

- Gran oferta de transporte público.
- Parqueadero bajo el edificio para prevenir las islas de calor causadas por exposición a la luz solar directa.
- Estaciones de carga para vehículos eléctricos.
- Espacio verde y espacio abierto con parque y plaza adyacentes.
- Humedales para proveer recolección y tratamiento natural para la escorrentía de aguas lluvia.
- Edificio antiguo renovado.





◀ La sostenibilidad ha sido la misión primordial del museo. Parte de ella es entender como afectamos al medio ambiente, como este nos afecta y como la innovación puede guiar un mejor futuro.

CORTESÍA PATRICIA AND PHILLIP FROST MUSEUM OF SCIENCE

### Agua

- Instalaciones sanitarias de bajo consumo.
- Sistemas de riego de bajo consumo.
- Recolección de agua de lluvia para uso como agua para el sistema HVAC y para el riego de jardines de la azotea (se estima un ahorro de agua de 350.000 galones por año).
- Recolección de aguas grises para inodoros y urinarios (se estima un ahorro de agua de 250.000 galones por año).

### Energía

Se estima un 27% de ahorro comparado con una construcción similar. Para lograrlo, se empleará:

- Mayor aislamiento térmico de los edificios.
- Recuperación de energía con los sistemas HVAC.
- Control de demanda de ventilación.
- Iluminación LED eficiente, controles de iluminación y sistemas de oscurecimiento diurno.
- Ventilación natural e iluminación en galerías exteriores.
- Motores de alta eficiencia y accionamientos de frecuencia variable para bombas en el sistema de soporte de vida del acuario.
- Enfriadores de múltiples etapas.
- Techos solares en la azotea, contruidos con paneles solares fotovoltaicos, generando energía para el complejo.

### Materiales del edificio y de construcción

- Materiales renovables para las exhibiciones.
- Uso de materiales de la región.
- Selección de materiales de construcción con altos contenidos reciclados.
- Uso de madera certificada por el Forest Stewardship Council para formaleas.

- Materiales de construcción y pinturas de baja emisión química.
- Reciclaje de residuos de construcción de otras obras.
- Escoria de alto horno, un subproducto de la producción de hierro y acero, utilizado como adición al concreto.



◀ Desde la construcción del edificio se tuvieron en cuenta parámetros de sostenibilidad, como: reciclaje de residuos de construcción de otras obras, escoria de alto horno, uso de materiales de la región y pinturas de baja emisión química.

CORTESÍA WORLD RED EYE AND GOLDEN DUSK

### Resiliencia

El museo fue diseñado para una zona de huracanes con severos incrementos del oleaje marino. La cimentación de la estructura del museo y el parqueadero abierto se levantan 2,9 m sobre el nivel del mar, dejando el primer piso del edificio con una elevación de 6,6 m sobre el nivel del mar, excediendo los requisitos legales en más del 50%. Todo lo que está por debajo del primer nivel, incluyendo el almacenamiento en la parte posterior del edificio, se encuentra dentro de la cimentación con concreto impermeable, con espacios cerrados protegidos por puertas estancas para sortear las mareas en un determinado fenómeno natural. Es crucial el cuidado de los animales durante las tormentas, por lo cual los generadores de emergencia del edificio tienen la potencia suficiente para suministrar energía de reserva para mantener la vida del acuario y alimentar los sistemas básicos. El conjunto de generación eléctrica se encuentra a 12 m sobre el nivel del mar, dejándolo fuera del alcance de la marea.



## ¿Qué hace del Museo una obra especial y diferente?

Muchos edificios están diseñados y construidos como una serie de rectángulos y cada planta es igual a la de debajo. El Museo de la Ciencia Patricia & Phillip Frost, en cambio, se compone de cuatro edificios diferentes, cada uno con distinta forma y cada nivel con área variable. Así mismo la altura o la configuración de la planta inferior, y muchas partes de la estructura son visibles desde todos los ángulos. Desde una perspectiva de construcción en concreto, todo esto significa que cada piso, columna, viga y elemento de cimentación tuvo que ser considerado individualmente en términos de ingeniería, arquitectura y estética.

## Conclusión

Este gran proyecto es en realidad una muestra de arquitectura moderna combinada con tecnología constructiva. El concreto, protagonista en la construcción del museo, muestra una vez más versatilidad y eficiencia en un proyecto de esta envergadura, retando a su vez a la ingeniería local y mundial.



↑ El Museo se compone de cuatro edificios diferentes, cada uno con distinta forma y cada nivel con área variable, que desde una perspectiva de construcción en concreto, significó que cada elemento fuera considerado individualmente, un reto bastante interesante para la ingeniería.

CORTESÍA PATRICIA AND PHILLIP FROST MUSEUM OF SCIENCE

## Referencias

- [www.frostscience.org/about-our-building/engineering/](http://www.frostscience.org/about-our-building/engineering/)
- [www.frostscience.org/blog/science-behind-weeks-king-tides/](http://www.frostscience.org/blog/science-behind-weeks-king-tides/)
- [www.frostscience.org/blog/frost-science-sky-skan-bring-outer-space-life/](http://www.frostscience.org/blog/frost-science-sky-skan-bring-outer-space-life/)
- [www.frostscience.org/about-our-building/engineering/](http://www.frostscience.org/about-our-building/engineering/)
- [www.frostscience.org/blog/tag/construction/](http://www.frostscience.org/blog/tag/construction/)
- [www.sgh.com/projects/patricia-and-phillip-frost-museum-science-gulf-stream-tank-formwork](http://www.sgh.com/projects/patricia-and-phillip-frost-museum-science-gulf-stream-tank-formwork)
- [blog.usa.skanska.com/our-team-was-neither-shaken-nor-stirred-on-this-epic-concrete-pour/](http://blog.usa.skanska.com/our-team-was-neither-shaken-nor-stirred-on-this-epic-concrete-pour/)
- [www.designbuild-network.com/projects/patricia-and-phillip-frost-museum-of-science-miami/](http://www.designbuild-network.com/projects/patricia-and-phillip-frost-museum-of-science-miami/)
- [www.asocreto.org.co/rc2016/pdf/RC2016/Diseno-estructural/7-ACI-Internacional-Mike-Schneider-min.pdf](http://www.asocreto.org.co/rc2016/pdf/RC2016/Diseno-estructural/7-ACI-Internacional-Mike-Schneider-min.pdf)



Penetrómetro digital



Tamices certificados



Centrífuga digital

## Fabricantes de Equipos para laboratorio

de suelos, asfaltos, cementos, concretos y granulometría.

## Laboratorio de Metrología Pinzuar

Acreditación ONAC 11-LAC-004 en Temperatura, Longitud, Par torsional (Torque), Presión, Fuerza, Masas y Balanzas.

Servicio de mantenimiento y reparación en toda **Latinoamérica**.

## Máquinas de ensayo

manuales, digitales y automatizadas.



**Pbx. 745 4555**

**www.pinzuar.com.co**



# La medición y el control en los concretos de última generación

Ing. Lina Margarita Cure Bojanini  
Directora de Calidad Concretos, Concretos Argos, Colombia



↑ Ensayo de módulo elástico al concreto.  
ARCHIVO ASOCRETO

**Como en muchos otros mundos**, en el de la construcción es importante conocer los resultados de cada etapa del proceso con seguimiento y análisis permanentes. Esta es una magnífica manera de plantear, controlar y lograr el mejoramiento continuo en la búsqueda de los objetivos propuestos.

Si comparamos lo que eran el concreto y la construcción hace años frente a lo que tenemos hoy, encontramos que, de ser una mezcla de cemento, grava, arena y agua dosificada por volumen, el concreto se ha convertido en una combinación de estos componentes y muchos más: materiales cementicios suplementarios, ceniza, escoria, humo de sílice y aditivos, todos ellos dosificados y controlados por peso. Son nuevos aportes que se utilizan para mejorar el comportamiento del concreto en estado fresco y el desempeño de las estructuras de concreto frente a su exposición.

En cuanto a la medición, hace mucho tiempo se vienen aplicando ensayos a las materias primas –agua, cemento, agregados– como también a las mezclas de concreto en estado plástico y endurecido. Son pruebas basadas en normativas nacionales e internacionales que buscan controlar las propiedades del producto y garantizar que cumplan las exigencias.

No hace muchos años que el mercado ofrecía o exigía concretos de 21 MPa aproximadamente de resistencia a la compresión, produciendo mezclas de 34 MPa y algunos concretos diseñados a la flexión, con asentamientos entre 4" y 6". El volumen de este tipo de concretos ha tenido gran disminución y en la actualidad entre el 30% y el 40% de los concretos son de alto valor técnico, son más fluidos, tienen mayor resistencia solicitados de acuerdo a un método de colocación o para una estructura específica.

Todas las tecnologías han dado grandes pasos en los últimos años y, por supuesto, la industria del concreto también ha vivido un desarrollo enorme, aunque los retos son cada vez mayores y se orientan a incrementar la confiabilidad, la durabilidad, la versatilidad y la productividad.





← Pista de hielo sobre una superficie de concreto.  
CORTESÍA ARDO BELTZ

El reto de la tecnología del concreto es proyectar estructuras capaces de garantizar la vida útil impuesta en las especificaciones. Son proyectos como túneles, puertos, edificios de gran altura y viaductos, entre otros, cuyos requerimientos son cada vez más exigentes en cuanto a selección de materiales, diseño y producción de mezclas, proceso de colocación adecuado, competencia de personal y control de calidad.

A medida que los proyectos de ingeniería avanzan, los desafíos para el concreto como material son cada vez mayores no solo en cuanto a resistencia y manejabilidad sino en cuanto a capacidad para soportar los agentes externos que los rodean.

Los agentes que atacan el material se hacen más agresivos, las condiciones de exposición son cada vez más severas y las estructuras requieren mayor tiempo de vida útil, por lo cual podemos decir que los distintos ambientes exigen concretos de mejor desempeño frente a estas exigencias.

Por la misma razón, desde hace algún tiempo los portafolios de concretos incluyen productos de valor agregado como aporte a las especificaciones técnicas asociadas a las condiciones de colocación, exposición y desempeño.

Son productos de alto valor que necesitan procesos y parámetros de medición y control mayores a los que se aplican a los concretos convencionales. Estos parámetros de control incluyen caracterización de materiales y mezclas, validaciones, mediciones y seguimientos que garanticen la calidad y el desempeño de los concretos frente a los requerimientos de las estructuras.

Es necesario caracterizar las materias primas con ensayos adicionales y diferentes a los que se realizaban en años anteriores.

En los agregados se ensayan los índices de forma, el desgaste, la reactividad potencial, la mineralogía y se hacen petrografías, entre otros, pues los agregados constituyen aproximadamente el 70% de la mezcla, y de sus propiedades dependen muchas características del concreto en estados fresco y endurecido.

Hay otros ensayos adicionales al cemento de gran importancia como la difracción de rayos X, la calorimetría y la microscopía, usados para análisis más detallados de las fases y la calidad del cemento, los tiempos de hidratación y la correlación con tiempo de fraguado.

↓ Fisuración por contracción inicial en el concreto.  
ARCHIVO ASOCRETO.







← Ensayo de permeabilidad al concreto según la norma NTC 4483.  
ARCHIVO ASOCRETO

Aparte de la caracterización de los materiales, es muy importante verificar y validar las mezclas de concreto y los diseños de mezcla, evaluando las relaciones agua/material cementante, los ensambles granulométricos y los porcentajes de adición soportados, con validaciones en laboratorio.

También hay ensayos del concreto en estados fresco y endurecido, como control y análisis de resultados que permitan realizar mejoras y optimizaciones de las mezclas y, por supuesto, una validación en planta con pruebas industriales, con chequeos previos, controles de dosificación dentro de las tolerancias establecidas, que garanticen una reproducibilidad del diseño con la calidad esperada.

En la actualidad contamos con normas nacionales e internacionales que soportan la ejecución de los ensayos adicionales que se requieren, dependiendo del concreto producido, que son relevantes para el control y seguimiento. Por ejemplo, para los concretos autocompactantes ensayos de flujo libre, habilidad de llenar, habilidad de pasar, y estabilidad, buscando el aporte de mejores acabados, más rendimiento del proceso de colocación y, por supuesto, mejor desempeño de la estructura.

Los ensayos como módulos elásticos son un parámetro importante en el análisis de las estructuras de concreto, y se emplean para el cálculo de la rigidez de los elementos estructurales. Por su parte, en los concretos para pisos, en los cuales se busca disminuir la fisuración, se realizan ensayos de contracción por secado para medir el potencial de expansión o contracción volumétrica del concreto por causas ajenas a las fuerzas externas aplicadas, y a cambios de temperatura.

En concretos lanzados son fundamentales los ensayos de adaptabilidad y compatibilidad para garantizar el desempeño del material, definir las dosis ideales de aditivos acelerantes y establecer los tiempos de fraguado requeridos directamente en obra. Hay muchos otros ensayos que se exigen dependiendo del tipo de concreto y de estructura que se manejen.

Diversos estudios muestran que el diseñar teniendo en cuenta cuantías mínimas de cementante y máxima relación  $a/mc$  no necesariamente garantiza el desempeño de una estructura, ante lo cual es importante realizar ensayos adicionales cuando el concreto va a estar expuesto a diferentes ambientes. Son pruebas relacionadas con la permeabilidad del concreto como mecanismos de transporte de sustancias a través del mismo y la durabilidad del material.

Otros tipos de ensayo determinan la permeabilidad al agua, la expansión por sulfatos, la resistencia a la penetración de cloruros, el coeficiente de difusión de cloruros y la carbonatación, entre otros.

Es importante mantenerse al día con las actualizaciones de las Normas Técnicas Colombianas y las Internacionales de ensayo y especificación, y de los reglamentos de construcción y las condiciones del mercado.

La medición debe avanzar al ritmo de la tecnología del concreto. Los ensayos que se realizan desde hace tiempo como asentamientos, temperaturas y resistencia, deben seguir practicándose en la caracterización de las mezclas y en el control del proceso y producto, pero complementados con nuevos ensayos que garanticen el desempeño requerido en cuanto a fluidez, tiempos de manejabilidad, control de retracción y, como es obvio, la durabilidad.





↑ En concretos lanzados son fundamentales los ensayos de adaptabilidad y compatibilidad para garantizar el desempeño del material.

FLICKR - WSDOT



↑ Ensayo de Reactividad Álcali-agregado según la ASTM C1293.

ARCHIVO ASOCRETO

Podemos decir, entonces, que una estructura durable depende en gran medida de un concreto diseñado con parámetros de durabilidad, desde la selección de las materias primas, los materiales cementicios suplementarios, la dosificación de materiales y los aditivos especiales, controlados y evaluados en cada una de las etapas del proceso, pero también debe estar acompañado de una especificación por durabilidad, con clara identificación del uso y grado de exposición; una colocación correcta, con equipos adecuados y personal competente y, naturalmente, un constante mantenimiento.

Son muchos los agentes responsables de los controles y mediciones: el especificador, el productor de concreto, el constructor, el interventor y los laboratorios que evalúan la mezcla. Cada uno de ellos debe intervenir y contribuir desde su función a la calidad y la vida útil proyectada de la estructura.

## Conclusión

Toda la información de seguimiento, control y análisis debe ser confiable y oportuna, pues es fundamental para la toma de decisiones con miras a optimizar y mejorar los productos, los procesos de producción y construcción. Con ello serán exitosos el diseño y la construcción en la búsqueda de alto desempeño y larga vida útil de las estructuras expuestas a diversos ambientes.



ESPACIOS ABIERTOS / ESPACIOS COLECTIVOS

## Segundo Ciclo 2016

El Premio Rogelio Salmona es un reconocimiento a la mejor arquitectura latinoamericana y del Caribe que genera **espacios públicos con cualidades excepcionales**, lugares de encuentro e integración, que contribuyen a la consolidación de ciudades más incluyentes y democráticas.

## Conozca la OBRA GANADORA y las MENCIONES 2016

<http://premio.fundacionrogeliosalmona.org>

FundacionRogelioSalmonaOrg

Organiza:



Patrocina:



Apoya:



Aliados en divulgación:



Carrera 6 No. 26B-85, Bogotá Colombia  
(571) 3099552

[www.fundacionrogeliosalmona.org](http://www.fundacionrogeliosalmona.org)



## XIV Congreso Iberoamericano del Hormigón Premezclado

ARCHIVO FIHP



La Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado – FIHP y la Asociación de Productores de Cemento del Perú – ASOCEM, llevaron a cabo el pasado mes de noviembre el XIV Congreso Iberoamericano del Hormigón Premezclado, en Lima, Perú. En el marco del evento se llevó a cabo el 7º Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto, el 3er Campeonato Iberoamericano de Camión Mezclador y el Primer Encuentro Peruano de Prefabricados. Más de 250 personas del sector de la construcción y de las industrias del concreto premezclado y los prefabricados de Iberoamérica se dieron cita en el evento, reuniendo así a delegados de 16 países. Los

temas giraron en torno a la competitividad y la sostenibilidad del concreto como material de construcción. Asimismo, se llevó a cabo la asamblea de la Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado (FIHP) –entidad que celebra sus 40 años de fundación en 2016– y dentro de cuyas directivas fue elegido el Ingeniero peruano Marcelo Rizo Patrón de la Piedra como Presidente de la entidad a partir del 1 de enero de 2017.

En la foto De izquierda a derecha: Ing. Manuel Lascarro, Director Ejecutivo de la Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado, Ing. Marcelo Rizo Patrón de la Piedra, Presidente del XIV Congreso Iberoamericano del Hormigón Premezclado, Ing. Gary De la Rosa, Presidente de la Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado, Dr. Gabriel Restrepo Santamaría, Presidente de la Federación Interamericana del Cemento, y Dr. Carlos Ferraro, Director Ejecutivo de la Asociación de Productores de Cemento del Perú.

## Programación de concreto en línea, la más reciente innovación digital de Argos para sus clientes

La tecnología no se detiene y tampoco los esfuerzos por aprovechar sus ventajas. Recientemente Argos actualizó su ya conocido Portal del Concreto, una plataforma web lanzada en 2015 destinada a mejorar la logística de los proyectos de construcción, destacándose entre ellas, la autonomía y transparencia para la toma de decisiones en obra. A las funciones de seguimiento a los pedidos de concreto 24/7, notificaciones vía SMS y reportes de calidad del producto, se suma la opción de programar los pedidos completamente en línea. Esto significa romper con el esquema tradicional y permitir a los clientes –además de la programación vía telefónica– realizar de forma simple y autónoma uno de los procesos más vitales para la ejecución de una obra de construcción: el pedido de concreto. La plataforma, que hoy es utilizada por más de 2.000 usuarios, es una solución innovadora en la industria que responde a la necesidad de afrontar la transformación de los negocios en la era digital para satisfacer las necesidades de clientes cada vez más conectados.



CORTESÍA ARGOS



## Inicia la operación de Preansa en Colombia

Una vez terminada la fase de construcción de su nueva planta de estructuras prefabricadas de concreto en Madrid (Cundinamarca), Prefabricados Andinos Colombia SAS (PREANSA), inició la ejecución de piezas de su primer contrato en el país. Se trata del diseño, fabricación, transporte y montaje de 42 vigas pretensadas BN 100 de 17,4 m de longitud para la construcción de un deprimido en la ciudad de Armenia, para la Unión Temporal Vías de Armenia, encabezada por la firma constructora Diez Cardona.

La fabricación de estas vigas se realizó en la nueva planta, ejecutándose en un plazo de un mes. El montaje de las 42 piezas duro 8 días hábiles.



CORTESÍA PREANSA

## Alianza por la seguridad en las construcciones

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

**CUANDO USA MATERIALES DE CALIDAD,  
SUS PROYECTOS SUPERAN TODAS LAS PRUEBAS**

Construir no es un juego, por eso usa siempre Malla Electrosoldada con acero de calidad. Certificada bajo el Reglamento Técnico de la Resolución 0277 de 2015 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. No hacerlo es incumplir la ley y poner en riesgo la vida de muchas personas.

**Si va a construir, construya con acero certificado**

UNA CAMPAÑA DE: **ANDI** (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia)

CON EL APORTE DE: **MINCOMERCIO** (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo), **MINVIVIENDA** (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Movilidad), **ONAC** (Oficina Nacional de Acreditación), **ANDI** (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia), **ASOSEC** (Asociación de Seguros de Colombia), **CAVACOL** (Cámara de Comercio de Bogotá), **INM** (Instituto Nacional de Medios de Transporte).

CORTESÍA ANDI

El Comité Colombiano de Productores de Acero de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) presentó recientemente la campaña "Alianza por la seguridad en las construcciones", en conjunto con entidades públicas y privadas. La alianza incluye una campaña para el uso de malla electrosoldada certificada, de acuerdo con el Reglamento Técnico de la Resolución 0277 de 2015, expedido por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. La campaña tiene como objetivos: asegurar el cumplimiento y la exigencia del Reglamento Técnico por parte del Gobierno y las entidades de control, promover que la industria de la construcción genere más confianza en sus clientes al utilizar malla con acero certificado, y crear conciencia en los usuarios informales y auto-construtores sobre la importancia de preservar sus vidas usando acero certificado. El mencionado reglamento tiene por objeto establecer las medidas tendientes a proteger la vida e integridad de las personas mediante la exigencia de requisitos técnicos de desempeño y seguridad que deben cumplir el alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto, así como el de prevenir prácticas que puedan inducir a error a los consumidores.

Línea de atención al cliente:  
**(57 - 1) 472 2000 en Bogotá**  
**01 8000 111 210 a nivel Nacional**  
**www.4-72.com.co**

El servicio de **envíos**  
de Colombia





# Publicaciones

Información y actualización sobre temas del sector de la construcción en concreto

## MANUAL PRÁCTICO SUPERVISIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

2<sup>da</sup>  
EDICIÓN



Luego de éxito de la primera edición del Manual Práctico de Supervisión de Estructuras de Concreto, Asocreto publica la segunda edición de esta publicación, revisada y actualizada, en la cual se han incluido algunos detalles de refuerzo que se han estimado de gran utilidad en las obras, así como un capítulo especial de tanques, con el fin de mejorar las especificaciones de este tipo de obras, en las cuales predomina el criterio de durabilidad.

Calle 103 No. 15 - 80, Bogotá-Colombia

PBX: (+571) 618 0018

FAX: (+571) 756 0990

Correo electrónico: [asocreto@asocreto.org.co](mailto:asocreto@asocreto.org.co)

[www.asocreto.co](http://www.asocreto.co)



70

EVENTOS

### EVENTOS ASOCRETO

#### CURSOS

**Ensayos de Aptitud. Su Impacto en los Laboratorios de Materiales**

9 de febrero de 2017

Bogotá, Colombia

#### SEMINARIO

**Ley de Vivienda Segura**

23 y 24 de febrero de 2017

Medellín, Colombia

1 y 2 de marzo de 2017

Bogotá, Colombia

#### CURSO AVANZADO

**Análisis de Ensayos de Laboratorio: Materiales**

6 al 10 de marzo de 2017

Bogotá, Colombia

MAYOR INFORMACIÓN: [www.asocreto.co](http://www.asocreto.co)

### OTROS EVENTOS

#### FERIA

**World of Concrete 2017**

16 al 20 de enero de 2017

**Organiza:** Handley Wood Exhibitions, Inc.

Las Vegas, Estados Unidos

Mayor información: [www.worldofconcrete.com](http://www.worldofconcrete.com)

**Conexpo-Con/Agg 2017**

7 al 11 de marzo de 2017

**Organiza:** AEM

Las Vegas, Estados Unidos

Mayor información: [www.conexpoconagg.com](http://www.conexpoconagg.com)

#### REUNIÓN

**Convención Anual NRMCA**

4 al 6 de marzo de 2017

**Organiza:** NRMCA

Las Vegas, Estados Unidos

Mayor información: [www.nrmca.org/Conferences\\_Events/AnnualConvention/2017/index.html](http://www.nrmca.org/Conferences_Events/AnnualConvention/2017/index.html)

**Servicio al cliente:** (+5 71) 618 0018 / (+5 71) 756 0990  
[servicioalcliente@asocreto.org.co](mailto:servicioalcliente@asocreto.org.co) / Bogotá, Colombia









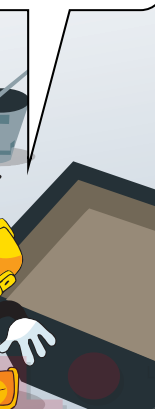
## AVANCES TECNOLÓGICOS CON ADITIVOS PARA PREFABRICADOS

ILUSTRACIÓN: LUIS EDUARDO LEÓN

EXISTEN DOS TIPOS DE MEZCLAS DE CONCRETO QUE SE UTILIZAN EN LOS PREFABRICADOS:

SECAS O HÚMEDAS. TAMBIÉN DEBES CONSIDERAR LAS ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE CADA PROYECTO PARA LOGRAR PREFABRICADOS DE ALTA CALIDAD,

FUNCIONALES, ESTÉTICOS Y QUE AHORREN TIEMPO EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.



LAS MEZCLAS HÚMEDAS TIENEN ASENTAMIENTO, EL CUAL, EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, SE ENCUENTRAN EN APLICACIONES DE EXTENSIBILIDAD.

EL REQUERIMIENTO PRINCIPAL PARA ESTAS MEZCLAS ESTÁ ASOCIADO A LA PRODUCCIÓN DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA INICIAL.



¿CÓMO PUEDO SABER CUÁL ES EL ADITIVO ADECUADO A UTILIZAR?

DEBES CONOCER TODAS LAS ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS DE LOS ELEMENTOS,

ASÍ COMO LA VARIEDAD DE PRODUCTOS QUE EXISTEN, PARA PODER ESCOGER EL ADITIVO MÁS EFICIENTE.



HOLA JOSÉ. EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS SE HA MASIFICADO EL EMPLEO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN. ¿CÓMO HA EVOLUCIONADO LA TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PARA ELLOS?

HOLA SOFÍA. UNO DE LOS MAYORES AVANCES SE PRESENTA EN EL ÁREA DE ADITIVOS, PORQUE LOGRAN REDUCIR LA CANTIDAD DE AGUA EN LAS MEZCLAS,

REALIZAR CONCRETOS MÁS FLUIDOS SIN RIESGOS DE SEGREGACIÓN, Y ASÍ OBTENER RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN MÁS ALTAS.



¿CUÁLES SON LAS PROPIEDADES DE CADA TIPO DE MEZCLA?

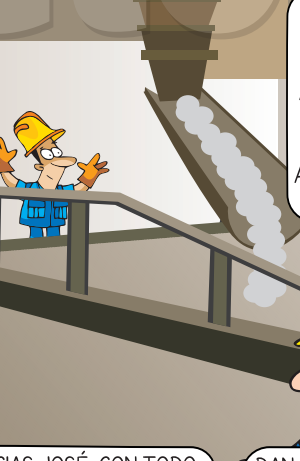
LAS MEZCLAS SECAS NO TIENEN ASENTAMIENTO Y LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS ES POR VIBRADO Y COMPACTACIÓN EN LA GRAN MAYORÍA DE LOS CASOS.



¿CUÁLES ADITIVOS HACEN PARTE DE LAS MEZCLAS SECAS Y HÚMEDAS?

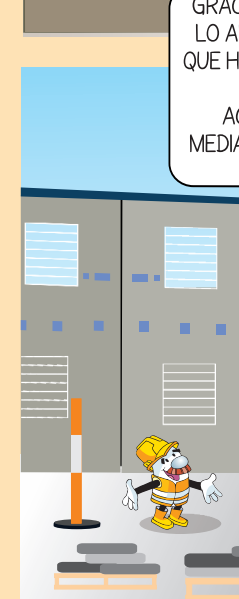
PARA LAS MEZCLAS SECAS SE EMPLEAN LOS PLASTIFICANTES, LUBRICADORES Y MEJORADORES DE TEXTURA,

ADITIVOS PARA EL CONTROL DE EFLORESCENCIAS Y PARA EL COLOR INTEGRAL DEL CONCRETO.



GRACIAS JOSÉ. CON TODO LO ANTERIOR PUEDO VER QUE HAY UN SIN NÚMERO DE POSIBILIDADES ACTUALMENTE QUE MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE ADITIVOS

DAN OPCIONES A LOS PREFABRICADOS RESPONDIENDO FÁCIL Y EFICIENTEMENTE LAS NECESIDADES DE UN PROYECTO.



FIN



# Generadores móviles Wacker Neuson G50, G70, G110 hechos en América Latina



## TODO LO QUE USTED NECESITA DE UNA FUENTE DE ENERGÍA

La búsqueda constante de soluciones innovadoras, rentables y eficientes hace de **Wacker Neuson all it takes!**, y desde su recién inaugurada fábrica en Itatiba Brasil, la mejor opción en la generación de energía confiable, silenciosa y cuidadosa con el medio ambiente. Ideal para aplicaciones de construcción, comercio, industrias y eventos especiales.

Para mayor información sobre toda la gama de nuestros productos, contacte a nuestros distribuidores autorizados Wacker Neuson en su país o visite:

[www.wackerneuson.com](http://www.wackerneuson.com)



**WACKER  
NEUSON**  
*all it takes!*



# TOXEMENT ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA PARA LA INDUSTRIA DEL PREFABRICADO

LIVIANOS • SEMIPESADOS • PESADOS

**TOXEMENT**  
Proyecto • Emisario Submarino  
Cartagena • Colombia

**PELIGRO**  
CARGA EXTRA LARGA

**OFICINA PRINCIPAL:** Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 Bogotá, Colombia  
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 86 00 Ext 133 - [WWW.TOXEMENT.COM.CO](http://WWW.TOXEMENT.COM.CO)

**OFICINAS NACIONALES:** • Medellín: (4) 448 01 21. • Cali: (2) 524 23 25. • Barranquilla: (5) 380 80 23 / 382 05 22.  
• Bucaramanga: (7) 690 96 51 / 691 52 14. • Cartagena: (5) 653 62 31 / 653 62 47.



Síguenos como [/toxement.col](https://www.facebook.com/toxement.col)



**EUCLID GROUP**  
**TOXEMENT**