

CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA

AÑO **53** DESDE 1963

**EN**

Octubre 2016  
Volumen 6  
Número 7

# CONCRETO<sup>®</sup>

[WWW.REVISTACYT.COM.MX](http://WWW.REVISTACYT.COM.MX)



**PORTADA**

**Concreto lanzado,  
el gran soporte de la minería**



**\$60.00**

ISSN 0187-7895

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

**\$39,750.00**  
4 últimos lugares!



# Viaje Técnico a Dallas y partido especial

Del 22 al 26 de noviembre 2016

## 22 de noviembre

- 5:30 Encuentro con personal IMCYC en la Terminal 2 del Aeropuerto
- 08:30 - 11:18 Salida en Aeroméxico (Directo)
- 11:45 Traslado Aeropuerto - Hotel Sheraton
- 13:00 Comida libre
- 16:00 Traslado Hotel - Museo Perot
- 16:30 Visita al Museo Perot
- 18:30 Traslado Museo Perot - Hotel Noche libre

## 23 de noviembre

- 9:00 Desayuno en el hotel (incluido)
- 10:30 Traslado Hotel - Estadio AT&T
- 11:00 Visita guiada al Estadio AT&T y plática con empresas participantes del proyecto
- 13:00 Traslado Estadio AT&T - Hotel
- 16:30 Plática técnica

## 24 de noviembre

- 9:00 Desayuno en el hotel (incluido)
- Mañana libre
- 14:00 Traslado Hotel - Estadio AT&T
- 16:30 Partido Dallas - Redskins
- 20:00 Traslado Estadio AT&T - Hotel

## 25 de noviembre

- 9:00 Desayuno en el hotel (incluido)
- 10:00 Traslado Hotel - Outlet y Galerías Mall para compras de Black Friday
- 10:30 - 20:00 Shopping tour al Outlet y Galerías Mall
- 20:00 Traslado Outlet y Galerías Mall - Hotel Noche libre

## 26 de noviembre

- 9:00 Desayuno en el hotel (incluido)
- 10:00 - 12:30 Visita grupal - City tour Dallas
- 13:00 Traslado a Hotel y Check out
- 13:00 - 15:00 Comida grupal
- 15:00 Traslado Hotel - Aeropuerto
- 19:25 - 22:10 Regreso a la Ciudad de México



Verónica Andrade Lechuga  
Tel. (55) 5322 5742  
vandrade@imcyc.com

Lic. Adriana Villeda  
Tel. (55) 5322 5751  
avilleda@imcyc.com

Lic. Carlos Hernández  
Tel. (55) 5322 5752  
chernandez@imcyc.com

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO A.C.  
Av. Insurgentes Sur #1846 Col. Florida C.P. 01030  
Deleg. Álvaro Obregón, Ciudad de México, Tel.: 01 (55) 5322 5740

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

# SOMOS MÁS DE LO QUE IMAGINAS



## DESCUBRE COMO NUESTRAS SOLUCIONES CONTRIBUYEN A CREAR UN MUNDO SUSTENTABLE



fester.com.mx  
01 800 FESTER 7 (337837 7)



# Obras subterráneas y la tecnología de punta con concreto

La importancia de la industria minera es un tema relevante que se debe considerar en todas las civilizaciones ya que de ello depende en mayor o menor grado su influencia en el crecimiento económico de una región, incluso de una nación entera. La mayor parte de las riquezas mineras se localizan en regiones montañosas lo cual genera un factor importante para considerarlo como un sector de alto riesgo dando como resultado una mayor atención de la tecnología para que existan nuevas técnicas que minimicen dichos riesgos. En la sección POSIBILIDADES presentamos artículos que tratan temas como construcciones subterráneas: los desafíos de un socio clave; minería subterránea del mañana; y mantenimiento eficiente en la minería chilena. Todos estos temas son casos clave para comprender los retos que tiene la minería actual para cumplir con uno de los objetivos principales de la industria, que es actualizarse para generar un sector seguro.

Una de las principales soluciones para minimizar los riesgos y a la vez realizar construcciones de túneles eficientes es la utilización de concreto lanzado y sus beneficios, los cuales han logrado remplazar otros métodos tradicionales de revestimiento y se ha convertido en una alternativa muy importante en los túneles excavados, es así como se describe en la sección de PORTADA.

Actualmente es difícil concebir la industrial del concreto sin la influencia y aportación de la tecnología de los aditivos químicos, que da como resultado un producto de gran eficiencia y calidad. Ejemplo de lo anterior puede comprenderse de mejor manera en VOZ DEL EXPERTO, donde el Arq. Alberto Rodríguez, Gerente Regional de la División Químicos para la Construcción, de la empresa BASF Mexicana nos comparte sus experiencias en el uso de aditivos químicos tales como: reductores de agua de alto rango, controladores de hidratación y el uso de fibras sintéticas para la elaboración del concreto lanzado. Otro de los temas fundamentales tratándose de obras subterráneas se describe en la sección de TECNOLOGÍA, donde la impermeabilización subterránea con membranas proyectadas es una opción viable, económica y eficiente para la minería e incluso cualquier tipo de túnel o de galería subterránea se eficiente. El tema ha dado vuelta en todo el mundo, por lo que en INTERNACIONAL se detalla la aplicación del concreto en el sector minero de Canadá, que es sin duda alguna uno de los países con mayor inversión en el sector minero a nivel mundial.

Los editores

# Moctezuma presente en las grandes obras de México

Museo Internacional del Barroco  
Puebla, Puebla

[www.cmoctezuma.com.mx](http://www.cmoctezuma.com.mx)

2 EDITORIAL

6 BUZÓN

8 NOTICIAS

- Argos: Importante inversionista en Estados Unidos.
- La minería en la palma de la mano.
- Estandarización de la construcción minera en Chile.
- Al rescate de la actividad minera en México.
- IMCYC presente en el Congreso Mexicano del Concreto

12 POSIBILIDADES

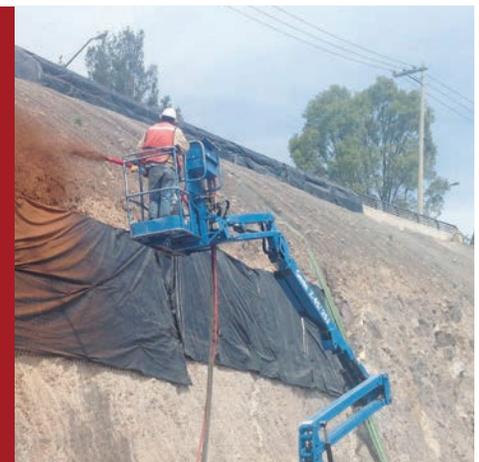
- Tecnología y calidad para minimizar el ataque químico (parte II).
- Construcciones subterráneas: los desafíos de un socio clave.
- La minería subterránea del mañana.
- Mantenimiento eficiente en la minería Chilena.

16

# PORTADA

## Concreto lanzado, el gran soporte de la minería

22 VOZ DEL EXPERTO  
Tecnologías de aditivos para concreto lanzado.





24

### TECNOLOGÍA

Opción viable, económica y eficiente: Impermeabilización subterránea con membranas proyectadas

34

### INTERNACIONAL

Aplicaciones del concreto en el sector minero de Canadá

44

### QUIÉN Y DÓNDE

Viaje al espacio subterráneo

49

### CONCRETÓN

Determinación de la densidad relativa y adsorción de agua del agregado fino NMX-C-488-ONNCCCE-2014.

54

### DIEZ EN CONCRETO

Top de prevención de obras subterráneas.

56

### PUNTO DE FUGA

Javier Senosiain: una arquitectura sin rectas.



INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y DE  
CONCRETO A.C.

### CONSEJO DIRECTIVO

#### Presidente

Lic. Miguel Garza Zambrano

#### Vicepresidentes

Lic. Pedro Carranza Andresen  
Ing. Daniel Méndez de la Peña  
Ing. José Torres Alemany

### IMCYC

#### Director General

Ing. Roberto Uribe Afif

#### Gerencia Administrativa

MA. Rodrigo Vega Valenzuela

#### Gerencia de Difusión y Enseñanza

MA. Soledad Moliné Venanzi

#### Gerencia Técnica

Ing. Mario Alberto Hernández Hernández

### REVISTA CYT

#### Editor

MA. Soledad Moliné Venanzi  
smoline@imcyc.com

#### Arte y Diseño

D.G. Norma A. Luna  
nluna@imcyc.com

#### Colaboradores

Enrique Chao, Juan Fernando González,  
Raquel Ochoa, Adriana Valdés

#### Comercialización

Veronica Andrade Lechuga  
(55) 5322 5742

vandrade@imcyc.com

Lic. Adriana Villeda

(55) 5322 5751

avilleda@imcyc.com

Lic. Carlos Hernández

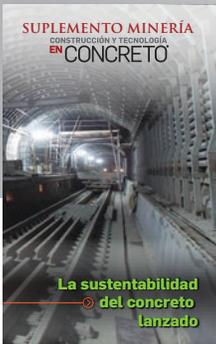
(55) 5322 5752

chernandez@imcyc.com



Circulación Certificada por:  
PricewaterhouseCoopers México

PNMI-Registro ante el Padrón Nacional  
de Medios Impresos, Segob.



## Suplemento de Minería

 buzon@mail.imcyc.com.

 /Cyt imcyc

 @Cement\_concrete



Escanee el código para ver material exclusivo en nuestro portal.

#### Cómo usar el Código QR

La inclusión de software que lee Códigos QR en teléfonos móviles, ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, que se manifiestan en comodidades como el dejar de tener que introducir datos de forma manual en los teléfonos. Las direcciones y los URLs se están volviendo cada vez más comunes en revistas y anuncios. Algunas de las aplicaciones lectoras de estos códigos son ScanLife Barcode y Lector QR, entre otros. Lo invitamos a descargar alguna de éstas a su smartphone o tablet para darle seguimiento a nuestros artículos en nuestro portal.







**BASF Mexicana** a través de su marca **Master Builders Solutions**  
extiende una cordial felicitación a:  
**La Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.**  
con motivo de su:

*40*  
*Aniversario*



**SMIE**<sup>®</sup>

Sociedad Mexicana de  
Ingeniería Estructural, A.C.



## Argos: Inversiones en Estados Unidos

**Por 660 millones de dólares, la empresa “Cementos Argos” adquirió la planta Martinburg, siendo una de las más tecnológicas y modernas de los Estados Unidos, con lo cual convierte a ARGOS en la compañía colombiana con mayores inversiones en el país norteamericano.**

Juan Esteban Calle, presidente de Cementos Argos detalló “ con esta adquisición nos convertimos en la cuarta compañía cementera más grande de los Estados Unidos, seguimos siendo la segunda en concreto; subimos el 30% de nuestro capital instalado llegando ya a cerca de 10 millones de toneladas, lo que es aproximadamente el 10% de la capacidad del mercado de los Estados Unidos”.

La nueva planta cuenta con 8 terminales para el despacho de cemento, de la cual en cuatro de ellas se tienen acceso marítimo. El negocio también incluye la explotación de una mina y por ende de sus reservas naturales por más de 50 años.



El presidente de Grupo Argos, Jorge Mario Velásquez, explicó que en la medida que una compañía colombiana tiene una inversión importante en Estados Unidos, teniendo un total de 1,800 millones de dólares y genera utilidades en ese país, esas utilidades vienen repatriadas a Colombia. **C**



## Minería en la palma de la mano

**La llegada de la nueva era trajo consigo cambios que dieron un giro por completo a todo el mundo. Las llamadas Apps las cuales hoy en día cualquier persona puede tener en un dispositivo móvil, son utilizadas también en el sector de la industria minera.**

El fabricante de neumáticos off the road, Eurotire, por ejemplo, desarrolló una aplicación para equipos iPhone y Android que no solamente permite seleccionar neumáticos para equipos mineros, sino también realizar una comprobación de carga para ver clasificaciones de seguridad e identificar los límites máximo de peso y carga. A través de la app, la compañía buscaba aumentar la duración de los neumáticos y equipos, además de reducir el consumo de combustible asociado.

La australiana MIPlan, en tanto, desarrolló una serie de aplicaciones y soluciones enfocadas específicamente en la minería: MIBlast, MIDig,



MIDrill y MIHaul. En el caso de esta última, el usuario puede rastrear, monitorear y adaptar los requerimientos de su flota de equipos en tiempo real.

El rango de posibilidades que ofrecen las aplicaciones móviles es difícil de estimar, explica Francisco Fernández, jefe del programa de Contenidos Digitales de la Universidad Católica y especialista en tecnologías de las comunicaciones, brechas e inclusión digital. “Siempre se dijo que Internet era una plataforma para distribuir datos, pero no es hasta hoy que se va haciendo más factible. Pese a lo anterior, si en la actualidad no existe un mayor desarrollo de estas herramientas en ambientes industriales, no es por causa de las tecnologías, sino más bien por las personas y la dificultad de las culturas organizacionales para reconocer las virtudes de las aplicaciones”, explica Fernández. **C**



## Estandarización de la construcción minera en Chile

De acuerdo a un estudio de la Corporación de desarrollo Tecnológico de la CChC, se señaló que la productividad se puede ver beneficiada si se estandarizan procesos claves en la industria minera.

La menor actividad sectorial se da en un escenario en que la productividad de la construcción minera presenta una disminución progresiva, de acuerdo con un informe de la Corporación de Desarrollo Tecnológico



(CDT) encargado por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) y el Consejo Minero.

Para tener argumentos, se evaluó la productividad de la construcción minera, la CDT analizó los procesos en tres áreas: operación (se ven reflejadas las ineficiencias de todos los procesos operacionales), gestión (administración) y dirección de proyectos. Donde la CDT destaca la necesidad de estandarizar los procedimientos en la industria ayudando a controlar el tiempo y como para mejorar la calidad de la medición logrando una mayor eficiencia en los tiempos de soporte.

Además, se sugiere definir y establecer un sistema sectorial de información, monitorización y benchmarking de proyectos de construcción minera, el cual sera administrado por una institución que dé confianza y fe pública tanto a las empresas mandantes como contratistas, de manera que solo la información agregada sea de dominio público. **C**



## Al rescate de la actividad minera en México

**Víctor del Castillo Alarcón, Presidente de la Asociación de Mineros de Sonora**, hizo lectura de una estrategia “por el bien del país”, consistente en rescatar la actividad minera.

Todos los sectores de la economía son importantes, el desarrollo sostenido del país exige que cada una de las actividades productivas lícitas crezca y se vea fortalecida. Para tal fin, deben funcionar las políticas económica y fiscal que implementan los gobiernos.

El pobre desempeño de la economía mexicana en lo que va del sexenio es muestra inequívoca de las malas decisiones que se han tomado en la materia. Hay, sin embargo, sectores más golpeados que otros.

La CAMIMEX y la AMSAC advirtieron que de aprobarse la iniciativa, las inversiones en ese sector se contraerían en un 60%; solamente se



crecería en el orden de 12 mil millones de dólares y únicamente se obtendrían 40 mil nuevos empleos –en lugar de los 120 mil que se alcanzarían sin la reforma– con un efecto inmediato de pérdida de competitividad; estimación comprendida de 2013 a 2018. Lamentablemente no estaban equivocados.

Se trata de defender una de las actividades del país, que además es fuente de muchos miles de empleos. Por el bien del país, hay que rescatar la actividad minera, concluyó Víctor del Castillo, también Presidente de la Comisión de Medio Ambiente de la Camimex. **C**



## IMCYC presente en el Congreso Mexicano del Concreto



**El pasado miércoles 7 de septiembre, se llevó a cabo la inauguración del Congreso Mexicano del Concreto 2016, teniendo como sede el Hotel Hilton en el Centro Histórico de la Ciudad de México.**

Superando las expectativas, bajo la organización de la Asociación Mexicana de Concretos Independientes (AMCI) se tuvo una asistencia de más de 250 integrantes de la asociación y de proveedores pertenecientes a tan importantes industria nacional.

Ramiro J. Páez Cruz presidente de la AMCI, fue quien dio las palabras de bienvenida a tan honorable evento, seguido por María Verónica Orendaín de los Santos, directora de Industria Pesada de la Secretaria de Economía quien se encargó de dirigir un mensaje poniendo en claro el objetivo del congreso y declarando formalmente inaugurados estos trabajos.

Dentro del protocolo se realizaron interesantes conferencias relacionadas al tema del concreto como Gestión de la Innovación en la Industria de la Construcción, administración del riesgo en la Industria de la Construcción, entre otras.

En esta ocasión se tuvo como invitado especial al Ingeniero Roberto Uribe Afif, director general del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto quien reafirmó la importancia por lo cual deben existir este tipo de eventos. En dicha ceremonia se le otorgó un reconocimiento por su gran trayectoria en el sector de la industria del concreto. **C**





# Soluciones innovadoras para la industria de la construcción



$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  en 6 horas

$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  en 12 horas

**Mezclas de concreto de fraguado rápido listas para lanzarse**  
Aplicaciones para minería, infraestructura y aeropuertos.

**Ventas:**  
Tel. 01 800 1111 422  
[svaldezj@gcc.com](mailto:svaldezj@gcc.com)



Asistencia Técnica: [asistec@gcc.com](mailto:asistec@gcc.com)  
Av. Homero 3507 Complejo Industrial  
CP 31109, Chihuahua, Chih.



## TECNOLOGÍA Y CALIDAD PARA MINIMIZAR EL ATAQUE QUÍMICO (PARTE II)



Ing. Jair Armando Juárez Rodríguez  
jjuarez@imcyc.com

Las soluciones que hoy en día se dan a algunos de los problemas que se tenían en las edificaciones con concreto se deben gracias al desarrollo tecnológico de otras áreas de estudio, por ejemplo; la química donde los avances en polímeros, resinas epóxicas, látex, desmoldantes biodegradables que prolongan la vida de ésta y aditivos de concreto son un factor determinante para que el deterioro en las estructuras de concreto se minimice. Otra rama es la microbiología donde se ha reportado el uso de precipitación mineral inducida para componer al concreto incrementando la resistencia a la compresión en el mismo.



El objetivo de todas las investigaciones es generar nuevas ideas para aplicaciones en la nueva tecnología del concreto y en la construcción, hecho que puede tener efectos profundos y benéficos en la elaboración de concreto, incluyendo la renovación de nuevos métodos de pruebas, especificaciones y lineamientos.

La tendencia es mejorar el control de calidad con ayuda de un monitoreo continuo a una estructura para observar los cambios físico y químicos presnetes por causa de los ataques químicos. La fabricación industrial de elementos

de concreto prefabricado han hecho que el monitoreo puede convertirse en la prueba más estricta en toda la historia del concreto.

El concreto creado para una mayor durabilidad que sea elaborado con la calidad requerida, será un material elemental en el desarrollo de las políticas de economía de recursos en todo el mundo. Teniendo como objetivo principal elaborar un concreto óptimo mediante un mejor control de calidad y una tecnología del concreto avanzada, soportada con un mayor conocimiento científico. Los productores de concreto y los constructores cada vez aceptan más los modernos sistemas de control de calidad, como el ISO 9000 o los propuestos por el ACI. En la medida que se tenga un mayor conocimiento y conciencia del tema,

se podrá tener en un futuro estructuras más durables en aquellas áreas de gran agresividad al concreto. Así se pueden optimizar recursos y lograr estructuras con mantenimientos menos frecuentes y costosos a los actuales, eliminando simultáneamente problemas sociales de desalojo de edificios y riesgos que atenten contra vidas humanas.

El reto de la tecnología del concreto en la construcción es proyectar estructuras de concreto reforzado capaces de lograr vidas útiles superiores a las actuales. La meta está definida, hoy tenemos que dar el primer paso. **C**

### REFERENCIAS:

ACI-201R-92 (1997). American Concrete Institute. Guide to Durable Concrete.  
ACI Sección Centro y Sur de México (1996). Guía para la durabilidad del concreto. Suplemento Mexicano del Informe del Comité ACI 201. Guía del Consumidor de Concreto Profesional.  
Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de concreto. RCDF (2004). Gaceta Oficial del Distrito Federal, 6 de octubre  
Mehta-Kumar (2001). Reducing the Environmental Impact of Concrete. Concrete International. October.



## CONSTRUCCIONES SUBTERRÁNEAS: LOS DESAFÍOS DE UN SOCIO CLAVE



Ing. Jair Armando Juárez Rodríguez  
jjuarez@imcyc.com

**T**emas como la innovación, la seguridad y el contar con personal capacitado son algunos de los ejes prioritarios para las empresas de construcción vinculadas a la actividad minera. En cuanto a las principales áreas de la construcción vigentes en la minería, la evolución no presenta cambios significativos, por lo cual siguen siendo las más comunes: construcción civil (obras civiles, estructurales, eléctricas e instrumentación), mantención y proyectos de reestructuración de condiciones sub-estándares. A eso se suman los estudios y proyectos de servicios, y movimientos de tierra.

El gran avance que se ha tenido en la industria minera es el uso de concreto lanzado. El gran problema al cual nos enfrentamos hoy en día, es la especialización de la mano de obra. Creo que en cuanto a cantidad, nos estamos quedando cortos en gente realmente capacitada. El concreto lanzado es una excelente herramienta en la estabilización y soporte de estructuras en tiempos más cortos entre otras ventajas que se adquieren con esta forma de colocar el concreto teniendo como usos más comunes:

- *Estabilización de excavación en túneles y construcción subterránea.*
- *Revestimiento de túneles y cámaras subterráneas.*

- *Estabilización en la construcción de minas y galerías.*
- *Restauración de edificios histórico.*

Donde en términos de importancia, encabeza la lista la tunelaria, la minería y reparación de concreto. Hablando de la utilización del concreto lanzado en túneles vehiculares, mineros, ferroviarios o cualquier tipo de túnel, y que este esté bajo una edificación o excavación a través de algunos obstáculos, el método de consolidación es determinado por la capacidad de soporte de la roca, la estabilidad del sustrato y revestimiento final a través del cual pasara el túnel, siendo un requisito primordial estos factores para obtener una construcción subterránea confiable.

El concreto lanzado es la mejor forma para estabilizar excavaciones ya que la flexibilidad es única en la elección del espesor al ser aplicado, la formulación del material, el desarrollo de resistencia a edades tempranas ya sea colocado por vía seca o vía húmeda. Es importante mencionar, que el revestimiento final de un túnel es la carta presentación visible y permanente de la estructura de concreto.

En el campo de la minería este material se aplica en la construcción del sostenimiento de túneles, reemplazando los antiguos pórticos de madera y sistemas de anclaje convencionales. Queda claro que el gran desafío de las empresas constructoras ligadas a la industria minera, es lograr ser cada vez más competitivas dando una mayor estabilidad y seguridad al trabajador. **C**





## LA MINERÍA SUBTERRÁNEA DEL MAÑANA



Arq. José Antonio del Rosal García  
jdelrosal@imcyc.com

E

n un futuro cercano en el mundo, más de un millón de toneladas diarias de mineral provendrán de minería subterránea continua con el método de caving o hundimiento. Por lo que nos encontramos frente a la gran oportunidad de incorporar nuevas tecnologías, describió Fidel

Báez, Gerente de Tecnología e Innovación de Codelco, empresa estatal Chilena dedicada a la explotación minera cuprífera, rubro en el que es la mayor compañía del planeta.

Durante el año 2015, su producción totalizó 1,891 miles de tmf (incluidas sus participaciones en El Abra y Anglo American Sur), cifra récord histórica que representa un 10% de la producción mundial y un 33% de la producción nacional. Sin embargo, esta carpeta de Proyectos considerada por Báez debe atravesar una serie de desafíos, como la granulometría, la dureza de la roca, el manejo de materiales y las leyes de mineral cada vez más bajas.

Mina Chuquicamata Subterránea, es un proyecto estructural y estratégico que representa parte importante del futuro de Codelco, El Proyecto consiste en la transformación del rajo abierto más grande del mundo en una gigante operación subterránea que permitirá explotar parte de los recursos que quedarán bajo el actual yacimiento, el que -tras haber entregado riqueza a Chile por casi 100 años- dejará de ser rentable dentro de la próxima década. Bajo el rajo se han cuantificado cerca de 1,700 millones de toneladas en reservas de mineral de cobre y molibdeno, que representan más de 60% de lo explotado en los últimos 90 años.

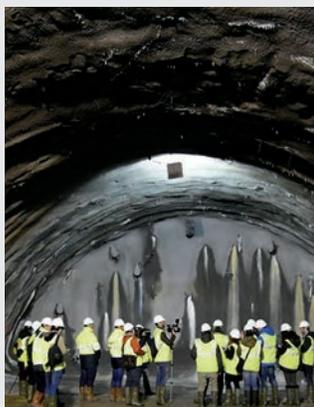
La opción técnica y económica aconseja explotar esas reservas a través de la construcción

de una mina subterránea, que será una de las más grandes, modernas y eficientes del mundo.

Sin embargo existe una gran complejidad referente al trabajo entre el ramp-down de una operación en curso (el rajo actual) y los avances de la iniciativa estructural, refirió Francisco Carrasco, Gerente de Planificación estratégica del Proyecto, quien sostuvo que esta ya lleva construido un 30% y que la meta de comenzar el primer hundimiento en 2019 aún se mantiene, el avance referente a la obra interior mina, frente de trabajo que conecta el rajo con la operación subterránea ha sido de 19 km construidos, lo cual representa un 14% de este frente.

Javier Ruiz del Solar director ejecutivo del AMTC, Centro de Innovación en Chile en Tecnología aplicada a la Minería, comentó sobre los últimos desarrollos en modelación en minería subterránea, entre ellos, el levantamiento topográfico rápido de túneles. Dicha tecnología se despliega a través de un robot móvil, de costo comparativamente inferior (a otros equipos mineros), equipado con un láser tridimensional de alta resolución capaz de obtener un punto cada 8 mm, sin duda lo más importante de este sistema es la rapidez, ya que permite confeccionar un mapa de un km cada 4 horas, mientras que el método convencional solo logra 250 metros en el mismo tiempo.

Sin duda el empleo de estas nuevas tecnologías en la minería subterránea será un gran paso para la automatización del trabajo y optimización de los tiempos en el proceso de ejecución de los proyectos, lo que por consecuencia lógica reduciría favorablemente su duración y éxito en el cierre. Nuevamente concluimos que la investigación y capacitación continua son la base del avance tecnológico no solo en la construcción, si no en general para cualquier profesión. **C**





## MANTENIMIENTO EFICIENTE EN LA MINERÍA CHILENA



Arq. José Antonio del Rosal García  
jdelrosal@imcyc.com

La reducción de la inversión minera actualmente está abriendo la puerta al mantenimiento, por lo tanto se ha brindado una mayor importancia a estas estrategias en el interior de las compañías del Sector Minero en Chile.

El mantenimiento será uno de los ocho ejes sobre los que se articulará la hoja de ruta en los próximos años, lo cual potencializará la re manufacturación de equipos y kits de mantenimiento. Dado este nuevo escenario por el que atraviesa la industria, sería importante que las compañías se atrevan a integrar con mayor alcance y profundidad, el aporte de sus proveedores especialistas de mantenimiento para conseguir mayor valor agregado a través de la ingeniería de mantención.

Lo anterior, se traduciría en mayores optimizaciones, mejores índices de productividad, eficiencia y reducciones de costos, además de mejorar la disponibilidad y la utilización de los

equipos. Por ejemplo, las tecnologías digitales están cambiando notablemente la forma de hacer mantención, razón por la cual en han implementado sistemas de gestión de información –SGM, los cuales generan información de los trabajos para su análisis.

Cabe resaltar que existe un común denominador ya que el mantenimiento y la producción se encuentran en el mismo nivel jerárquico, ya que los niveles de decisiones de producción y mantenimiento son equivalentes, lo cual nos brinda una clara idea del reposicionamiento del mantenimiento en el organigrama de la industria.

Sin duda, lo anterior permite pensar que la Industria deberá tener mejores prácticas, procesos mucho más eficientes, que por consecuencia lógica servirá para el fortalecimiento de la capacitación y mejora continua, lo cual aportará hacer más eficientes los sistemas de mantención el trabajo de la Industria Minera, no solo en Chile, si no en el mundo. **C**



# CONCRETO LANZADO, EL GRAN SOPORTE DE LA MINERÍA



Por: Juan Fernando González G.



Cyt imcyc



@Cement\_concrete

Fotografías: Raúl Bracamontes - ADRA

# E

l ámbito de la industria minera no escapa a los vaivenes económicos que afectan al planeta desde hace mucho tiempo. Los analistas internacionales han dicho que el 2015 fue uno de los años más difíciles a los que se ha enfrentado

este sector, si se compara la situación actual con la crisis financiera mundial de 2008, la debacle financiera asiática de 1997 y el reacomodo de las potencias mundiales que sobrevino luego de la caída de la Unión Soviética en 1991.

Así lo señala el Informe Anual 2016, elaborado por la Cámara Minera de México (CMM), en el que también se concluye que “China, que ha sido un importante motor de crecimiento global en los lustros más recientes, enfrentó en 2015 su peor crecimiento económico de los últimos 25 años”. Los expertos apuntan, asimismo, que un “exceso de capacidad industrial, aunado a una menor demanda de commodities y a un consumo interno deprimido provocó un grave impacto en la actividad minera mundial, influyendo en la caída de los precios internacionales de los metales”.

Como es lógico, la situación adversa a nivel internacional provocó el detrimento de grandes inversiones mineras, ajustes presupuestarios, venta de activos y cierre de minas deficitarias en un esfuerzo por restablecer un equilibrio entre la oferta y la demanda.

## PANORAMA NACIONAL

La minería mexicana enfrentó durante 2015 uno de los peores años de su historia. Pese a todo, este sector industrial representó el 8.8% del PIB Industrial y el 3.0 del PIB Nacional de acuerdo con datos del INEGI (3.9% del PIB Nacional considerando la minería ampliada).

Sin embargo, es un hecho que “las condiciones globales obligan a los inversionistas a revisar a detalle sus estrategias de crecimiento, a seleccionar y depurar proyectos, ampliaciones y operaciones para no perder productividad.

Las cifras no mienten: en 2015 se invirtieron 4 mil 630 millones de dólares, una caída de 6.4% por debajo de lo invertido en 2014, y lejos de los 6 mil 576 millones en 2013 y de los 8 mil 43 millones invertidos en 2012”, establece el estudio antes citado.

## EL CONCRETO, A ESCENA

Como siempre sucede, las dificultades propias de un sector industrial, en este caso el de la minería, afectan a muchos de sus proveedores. En principio, a las empresas especializadas en los sistemas de extracción y a las que ofrecen el servicio de concreto premezclado en la minería, una tarea que exige un alto grado de capacitación en la mano de obra y un nivel tecnológico de primer nivel.

Hace unos años, las empresas Putzmeister AG y Sika AG constituyeron una alianza estratégica global enfocada al concreto lanzado en construcción de túneles y en minería, un proyecto que tenía como objetivo fundamental “garantizar a sus clientes continuos e importantes desarrollos innovadores de equipos y aditivos para concreto lanzado que respondieran a una alta exigencia en la colocación mecanizada de dicho material.

### ➤ CONCRETO LANZADO Y LA ECOLOGÍA

- Es clave que la generación de polvo sea reducida y los riesgos creados por los químicos corrosivos y tóxicos sean minimizados. El lanzamiento al mercado de los acelerantes de fraguado libres de álcali han significado un cambio histórico en las condiciones de trabajo de los túneles.
- Los acelerantes con álcalis son tóxicos. Sin embargo, cuando se les libera de ellos con un pH de alrededor de 3 reducen el impacto ambiental y el riesgo de accidentes durante su manipulación, almacenamiento y uso.
- La generación de polvo en el proceso vía húmeda produce mucho menos polvo que la mezcla de concreto proyectado vía seca. La cantidad de polvo puede también ser reducida con una mejor tecnología de la boquilla.

Fuente: SIKA Colombia, S.A

Es interesante resaltar lo que dice el manual de presentación de esta alianza industrial, porque varios de sus pasajes definen con precisión algunas ideas que siguen vigentes. El trabajo señala: “Durante el siglo pasado, el concreto lanzado ha reemplazado los métodos tradicionales de revestimiento de túneles y se ha convertido en una alternativa muy importante en la estabilización de túneles excavados. La construcción moderna de túneles sin concreto lanzado es inconcebible.



## ➤ ASPECTOS DEL CONCRETO PREMEZCLADO EN LA MINERÍA

- Laboratorio en obra.
- Instalación de planta de concreto en obra.
- Dosificación, transporte y bombeo de concreto para obras civiles en minería.
- Suministro de concreto para losas en el interior de la mina.
- Control de calidad de la mezcla y de sus componentes.
- Soporte técnico de centros de investigación y entidades tecnológicas.

El concreto de este tipo es un término único que describe varios componentes de una tecnología completa”, señala.

El material del concreto lanzado, el proceso de proyección y el sistema (equipos) son los componentes que definen toda una tecnología que tiene una larga tradición, un enorme potencial innovador y un gran futuro. “El material del concreto lanzado se utiliza en un diseño de mezcla que está determinada por los requerimientos de aplicación y los parámetros especificados. Como regla general, esto significa una reducción en el tamaño máximo del agregado a 8 mm o máximo 16 mm, un aumento en el contenido de cementante y el empleo de aditivos especiales para el concreto lanzado que controlan las propiedades del material. Se usó por primera vez en 1914 y desde entonces ha sido desarrollado y mejorado permanentemente a lo largo de las décadas recientes”.

## SISTEMA DE CONCRETO LANZADO ROBOTIZADO

Uno de los puntos más importantes en la minería y en una construcción de galería o túnel es la seguridad; por lo tanto, siempre se debe tener en cuenta cómo se comporta la roca en la que se trabaja ya que si ésta es un material competente no existe la necesidad de fortificar; en cambio, cuando la roca no es competente



o tiende a derrumbarse por fallas presentes, se deberá emplear un determinado tipo de sostenimiento propuesto por especialistas en el área. Durante muchos años se usaron diversos métodos de revestimientos o fortificación

de túneles y/o galerías, siendo el concreto lanzado el reemplazante a todos estos métodos tradicionales, convirtiéndose en una alternativa muy importante en la fortificación del macizo rocoso.



## No sólo máquinas, SOLUCIONES

Somos como un sastre, diseñamos el sistema adecuado de acuerdo a las necesidades del cliente.

La amplia gama de productos y el alto nivel de personalización que Witech puede ofrecer son capaces de desarrollar cualquier proyecto relacionado con la producción de hormigón, y el mundo de la prefabricación.

Diversos tipos de elementos en hormigón pretensado pueden ser producidos gracias a la tecnología desarrollada por Witech.

- LOSAS ALVEOLARES (De altura máxima de 1MT)
- VIGUETAS
- PERFILES DOBLE T
- VIGAS DE HORMIGON PARA PUENTES
- FORMAS O ELEMENTOS ESPECIALES
- POSTES PARA CERCAS, VIÑEDOS
- ARQUITRABES
- PANELES PARA CUBIERTAS LIGERAS (Witech LWP)
- ESCALERAS PREFABRICADAS

**Suministros Mineros E Industriales Del Sur**

Tel. 951 502 6364 y 951 688 1372

suminindsur1@gmail.com

El avance tecnológico logrado en concreto lanzado por vía húmeda en materiales, equipos y conocimientos de aplicación ha hecho que se convierta en una herramienta muy importante y necesaria para los trabajos de construcción subterránea. Actualmente se cuenta con equipos robotizados para lograr la mayor eficiencia en calidad de sostenimiento, mayor rendimiento en su colocación, durabilidad en el tiempo y seguridad a todos los involucrados en este proceso.

La empresa Chungar, S.A.C., que aplicó el sistema de concreto lanzado robotizado en la mina Animón, ubicada en el departamento de Pasco, en la República de Perú. Se establece que dicho sistema es un elemento de sostenimiento temporal activo, que se utiliza para evitar la relajación del macizo rocoso, que imprime deformaciones a todas las estructuras apoyadas sobre estos.

Este movimiento se traduce en energía de deformación, misma que el concreto lanzado debe disipar sin llegar al colapso. Son tres los procesos fundamentales: calidad de los materiales; dosificación, mezclado y control de calidad del concreto fresco y, finalmente, el transporte, colocación del concreto lanzado y control de calidad del concreto en mina.

## > CALIDAD DEL CONCRETO LANZADO

- **Diseño adecuado de la mezcla: especificar resistencia a la compresión, proporción de cemento, agregados, agua, aditivos, fibras, etcétera.**
- **Preparación de la superficie sobre la que se va a lanzar. Debe estar libre de polvo, aceite, agua y materiales extraños sueltos**
- **Mezclado de materiales de acuerdo con el diseño.**
- **Aplicación por parte de un boquillero con experiencia para reducir al mínimo el rebote y las quedades detrás del acero de refuerzo.**
- **Curado como cualquier concreto.**



Finalmente, es interesante saber que un equipo robotizado debe estar diseñado para cumplir con los siguientes parámetros: transportar la mezcla hasta la boquilla de proyección y en la cantidad necesaria, así como accionar la boquilla correctamente en relación al sustrato donde el concreto lanzado es aplicado.

En relación con las bombas para concreto lanzado, el tipo de equipo que se utilizó en la mina citada fue una bomba de pistones de desplazamiento positivo (flujo denso). Eso sí, para evitar el ingreso de partículas o agregados gruesos en la tolva receptora debió colocarse una rejilla.

## ➤ USOS Y APLICACIONES DEL CONCRETO LANZADO

- Estabilización de taludes y muros de contención.
- Cisternas y tanques de agua.
- Albercas y lagos artificiales.
- Rocas artificiales (rockscaping).
- Canales y drenajes.
- Rehabilitación y refuerzo estructural.
- Recubrimiento sobre panel de poliestireno.
- Túneles y minas.
- Muelles, diques y represas.
- Paraboloides, domos geodésicos y cascarones.
- Concreto refractario para chimeneas, hornos y torres.

En las últimas décadas el concreto lanzado ha ganado importancia por razones de flexibilidad, velocidad y economía, especialmente en la estabilización de túneles. Los nuevos desarrollos en aditivos para concreto, adiciones, cementos y métodos de colocación están conduciendo a nuevas e innovadoras aplicaciones, permitiendo que el concreto lanzado sea producido por vía húmeda, alcanzando así los objetivos máximos de requerimientos de resistencias y durabilidad”.

Dichas ventajas, “deberían ser utilizadas al máximo en todo el mundo, ya que a menudo el concreto lanzado es usado sólo como un soporte temporal que debe cumplir con bajos requerimientos de calidad, desperdiciando así su gran potencial. Sin embargo, recientemente, todas las posibilidades del conocimiento del también llamado concreto proyectado vía húmeda, han sido implementadas en una amplia variedad de proyectos y aplicaciones”, concluyen. **C**



## Arq. Alberto Rodríguez M.

Gerente Regional Zona Centro  
División Químicos para la Construcción BASF Mexicana, S.A. de C.V.  
alberto.a.rodriguez@basf.com



## TECNOLOGÍA DE ADITIVOS PARA CONCRETO LANZADO



**Arq. Alberto Rodríguez M.**

alberto.a.rodriguez@basf.com

**H**oy en día, se ha vuelto cada vez más común el uso del concreto lanzado en los diversos segmentos de la construcción. Proyectos como los de minería, infraestructura, caminos y puentes, túneles, etc.; entienden la importancia que ésta modalidad de concreto ha tomado en aras de agilizar los procesos de construcción, así como la reducción significativa de los costos en lo que cada proyecto incurre.

Hace algunos años, las técnicas de proyección del concreto, se limitaban a elementos más arquitectónicos, como fachadas, ambientaciones ornamentales, piscinas, etc; más que a la construcción de elementos estructurales y de ingeniería. Lo anterior, en gran parte era debido a la falta de control de calidad en la mezcla de concreto, así como la limitación al lanzado del concreto por vía seca (la mezcla que se prepara está compuesta solamente por cemento, agregados y algún acelerante en polvo, y no contiene agua, la cual se adiciona en la boquilla de proyección).

Los avances en la tecnología respecto al concreto lanzado, han surgido por diversos frentes, desde maquinaria más sofisticada como los robojets computarizados para facilitar las tareas de lanzado de concreto y mejorar su calidad, como el surgimiento de nuevos y más estables aditivos que mejoran notablemente el desempeño del concreto lanzado tanto en estado fresco como en estado seco.

Gracias a lo anterior, la técnica del lanzado de concreto ha derivado en lo que en la actualidad se le conoce como la más común: la vía húmeda. La cual consiste en preparar la mezcla con todos sus ingredientes, incluida el agua y aditivos, y solo el acelerante se dosifica en la boquilla de proyección.

Las categorías de aditivos más comúnmente usados son:

- *Reductores de agua de medio y alto tango (superplastificantes)*
- *Controladores de hidratación*
- *Fibras sintéticas*
- *Acelerantes libre de álcalis (AFA)*

### REDUCTORES DE AGUA DE ALTO RANGO

Los aditivos reductores de agua de alto rango, son aditivos de alta tecnología que ayudan a lograr concretos con bajas relaciones agua-cemento (rel a/c) sin sacrificar trabajabilidad y logrando un concreto rheoplástico con la consistencia perfecta para poder ser bombeado y proyectado por cualquier tipo de lanzadora de concreto en modalidad de vía húmeda. Trayendo también como consecuencia, un ahorro sustancial en el contenido de cemento (menos agua, menos cemento).

### CONTROLADORES DE HIDRATACIÓN

Los controladores de hidratación son aditivos muy útiles a la hora de fabricar concretos lanzados que requerirán tiempos de colocación o lanzado de más de 45 minutos a partir de que son fabricados. Estos aditivos son capaces de lograr "dormir" al concreto hasta por 72 horas, algo muy útil al tratarse de plantas dosificadoras que elaboran concretos para proyectos carreteros o mineros, en donde la aplicación (lanzado) se encuentra muy retirado y con accesos muy complicados.



► *Cortesía de Basf Mexicana S.A. de C.V.*

## FIBRAS SINTÉTICAS

Con mucha frecuencia, el concreto lanzado es aplicado como soporte de roca definitivo o provisional, de manera que la seguridad se vuelve un factor indispensable en la estructura (túneles o minas), por tal motivo, el uso de las fibras sintéticas se ha convertido en un ingrediente indispensable para darle al concreto lanzado propiedades de mayor absorción de energía para “anunciar” con mayor anticipación, algún posible colapso de la estructura, mejorando los valores de índice de tenacidad y resistencia residual del concreto en estado seco.

## ACELERANTES LIBRES DE ÁLCALIS

Los acelerantes líquidos libres de álcalis, se convierten en los aditivos más importantes a

usar cuando se trata de concreto lanzado en vía húmeda. Éstos aditivos tienen la finalidad de dar al concreto lanzado unos tiempos de fraguado súper rápido (inicial de 3 a 5 min, final de 5 a 8 minutos, dependiendo de las características del cemento). Logrando así aplicación de capas de concreto lanzado de hasta 5 a 8 cms en superficies verticales y sobre cabeza, en una sola pasada; lo cual se vuelve relevante cuando se trata de dar soporte en túneles en donde los tiempos construcción son críticos.

Hoy en día, sería difícil pensar en concreto lanzado, si no se planea usar aditivos de alto desempeño, tanto para hacerlo posible, como para reducir significativamente los costos totales. En la actualidad están ya a la mano las especificaciones necesarias, así como las pruebas de control de calidad para asegurar al usuario el correcto desempeño del producto final. **C**



Ingeniero Andrés H. Uribe Gómez, Ingeniero Francisco J. Rueda Fernández. BASF Química Colombiana S.A., Colombia.



Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 128, de Enero – Febrero 2015.

Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO.

Fotos y esquemas:  
Cortesía BASF.

## Opción viable, económica y eficiente: **Impermeabilización subterránea con membranas proyectadas**

*En este artículo presentamos la tecnología de las membranas proyectadas como una opción viable para impermeabilizar con eficiencia cualquier tipo de túnel o de galería subterránea, para lo cual citamos las experiencias de dos proyectos exitosos en Colombia.*

La industria de la construcción de infraestructura presenta en América Latina un crecimiento considerable durante los últimos años. Los proyectos de vías y autopistas, de centrales hidroeléctricas y sistemas de transporte masivo, que forman parte del paisaje y son motores del crecimiento para la región, tienen un rasgo común: incluyen la necesidad de construir obras subterráneas, bien sea galerías o túneles.

Por tal motivo, empresas con base en Europa y Asia principalmente, y de gran experiencia en la ejecución de proyectos de este tipo, aumentan su presencia en los países de la región buscando participar en ellos a través de socios locales. Además del aporte adicional que se deriva de su capacidad técnica y económica para llevarlos a cabo, también ofrecen la oportunidad de incorporar tecnologías y procedimientos que estas compañías han aplicado con éxito en otras regiones.

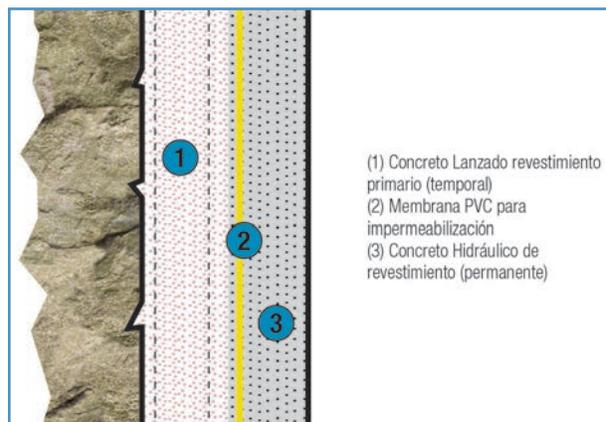
El diseño tradicional para la fortificación de túneles ha sido la utilización del sistema conocido como DSL, sigla en inglés de Double Shell Lining. Este método consiste fundamentalmente en aplicar una capa de sostenimiento primario (sacrificio) de concreto lanzado, de aproximadamente 10 cm de espesor (dependiendo de cada caso), más una membrana impermeabilizante de PVC y una capa de concreto hidráulico como revestimiento final para el túnel (Figura 1).



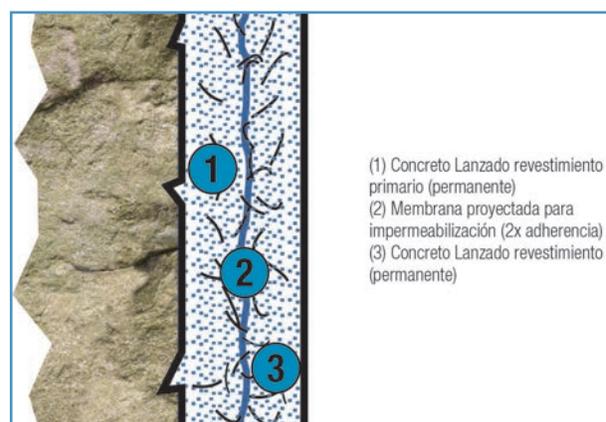
➤ *Aplicación manual de membrana proyectada en el hastial de un túnel.*

La tendencia en Europa y en algunos países sudamericanos como Chile y Argentina (Metros de Santiago y Buenos Aires) es la de diseñar la fortificación de túneles utilizando el método, conocido como CSL (Composite Shell Lining), definido por Knut Garshol (1997). Se trata del perfeccionamiento de un único revestimiento monolítico que consta de dos revestimientos de concreto (uno primario o interior y uno secundario o exterior), adheridos por ambas caras a la membrana impermeable proyectada, lo que garantiza el monolitismo de la estructura (Figura 2).

Este sistema CSL presenta dos ventajas muy importantes respecto al DSL: la primera es que, por ser monolítico, permite utilizar menores espesores de concreto de revestimiento secundario, lo que se traduce en reducción de las excavaciones, disminución en los volúmenes de concreto y demás materiales de construcción y el no hacer necesarios los encofrados para colocar el concreto. La segunda ventaja consiste en la mayor rapidez de colocación de la membrana proyectada respecto a la membrana de PVC. Estas dos condiciones representan un ahorro considerable de dinero para el proyecto, siempre y cuando el sistema se adopte desde la etapa de diseño.



➤ *Figura 1: Sistema DSL para fortificación de túneles.*



➤ *Figura 2: Sistema CSL para fortificación de túneles.*



DISEÑO  
CERTIFICACIÓN  
CALIDAD  
SOPORTE TÉCNICO  
EQUIPO



01 800 CONCRETO | 01 800 26627386





➤ *Aplicación robotizada de membrana proyectada en la clave de un túnel.*

## DOS EXPERIENCIAS EN COLOMBIA

### **El túnel de Gualanday**

Durante la construcción del túnel de Gualanday –en el Departamento del Tolima– entre el año 2013 e inicios de 2014, aparecieron filtraciones de agua en varios sectores de la obra y surgió la necesidad de impermeabilizar. Se estudiaron diferentes opciones disponibles en el mercado, dentro de las cuales la membrana proyectada se destacó como una opción viable en los aspectos técnico y económico. Dentro de los factores que se tuvieron en cuenta en el análisis, fue fundamental el tiempo de colocación, debido a que las condiciones iniciales de diseño del túnel no preveían sistema alguno de impermeabilización, y cualquier procedimiento con esa finalidad podría retrasar el plazo de entrega del túnel. Debía entonces adoptarse una solución de ejecución rápida y, por supuesto, de bajo costo.

La membrana proyectada se convirtió en la solución para impermeabilizar el túnel, especificada en el sistema de sombrilla o paraguas, que consiste en realizar el tratamiento de impermeabilización solamente en la clave del túnel, es decir, imaginándonos un reloj, en el sector horario de las 10 a las 2. De esta manera se garantizó que la humedad evidenciada en la clave del túnel fuera desplazada hacia los costados o hastiales donde, por diseño, se colocarían paneles prefabricados.

La membrana fue aplicada fácilmente mediante un equipo de proyección vía seca que permitió índices de producción de hasta 80 m<sup>2</sup> por hora, cumpliendo así el requisito de tiempo exigido en el proyecto. Si se utiliza el brazo de un robot de proyección estándar automatizado puede alcanzarse una producción superior a 150 m<sup>2</sup> por hora. Así fue posible impermeabilizar en solo siete días de trabajo todos los sitios requeridos, utilizando unos 3,500 m<sup>2</sup> de membrana proyectada, sin que esta operación afectara las demás actividades que se realizaban simultáneamente en la obra. Finalmente, la membrana fue protegida con una capa de concreto lanzado de 1 ½" de espesor, que se adhiere a ella formando un sistema de revestimiento monolítico; esto resolvió problemas técnicos de difícil solución con membranas de láminas convencionales, pues el concreto lanzado previene las filtraciones o la migración de agua por ambas caras del revestimiento. Después de colocada la membrana de impermeabilización, y antes de ser protegida por la capa de concreto lanzado, se realizaron pruebas de tracción que superaron los 4 MPa, y de adherencia a la primera capa de concreto lanzado o sustrato con un resultado superior a los 1.5 MPa. En teoría, la membrana proyectada que se usó en la obra tiene una elongación de 100% y resiste una presión de agua de hasta 20 bar.

Como hemos anotado, la economía con la aplicación de este sistema radica fundamentalmente en dos factores: la rapidez en la colocación y los ahorros en espesores de los revestimientos.

En el túnel de Gualanday la instalación fue el factor que marcó la distancia frente a los otros sistemas. Así, la totalidad del área a impermeabilizar se trató en 7 días, mientras que habría sido imposible cubrir esa misma área en menos de 21 días con el sistema de láminas convencionales, según la experiencia en numerosos proyectos en que se han aplicado. Igualmente, la membrana proyectada en el túnel de Gualanday permitió que en la protección solo se necesitara un espesor de 1 ½" de concreto lanzado. Con la opción de láminas convencionales habría sido necesario colocar un revestimiento de protección en concreto armado superior a 10 cm, pues con este sistema no hay adherencia entre estas láminas y el concreto.

### Pequeña Central Hidroeléctrica Carlos Lleras

Aunque el revestimiento compuesto CSL se aplica con mayor frecuencia en la construcción de túneles, es adecuado para todo tipo de estructuras subterráneas, particularmente en aquellas con geometrías complejas o de acceso restringido, tal como la Almenara1 de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Carlos Lleras en el municipio de Barbosa, Departamento de Antioquia.

Este caso se presentó como un gran reto de ingeniería, pues el diseño original de la Almenara de la PCH no contemplaba impermeabilización y en el momento de realizar la excavación (85 m en vertical con un diámetro de 12 m), se evidenciaron puntos de ingreso de agua que atravesaban la capa primaria de concreto lanzado colocada después de la excavación. La empresa diseñadora del proyecto contempló entonces el sistema de membrana proyectada dentro de las opciones para impermeabilizar este elemento clave de la obra.

El reto principal eran los puntos de entrada de agua, que en ocasiones superaban los 10 bar de presión en la excavación de 85 metros de profundidad que ya se había realizado casi en su totalidad. Por esta razón no convenía utilizar láminas convencionales ante las dificultades para el tratamiento previo y la colocación.

Por lo tanto se optó por la membrana proyectada como una solución viable y se impermeabilizó la superficie total de la Almenara con rendimientos de colocación de 300 a 400 m<sup>2</sup>/día de membrana proyectada, índices imposibles de lograr con otros sistemas.

En el caso de la Almenara, la membrana no fue protegida con concreto lanzado sino con un revestimiento previsto de 40 cm de espesor, logrando para este concreto fundido in situ una adherencia total a la membrana previamente proyectada y formando un sistema CSL con la capa primaria de concreto lanzado.

A pesar de no haber escogido la membrana proyectada como solución de impermeabilización desde la etapa de diseño en cada uno de los proyectos comentados, en ambas obras se implementó como la solución óptima desde los puntos de vista técnico y económico para resolver los desafíos de impermeabilización que presentaron.

El trabajo en equipo y coordinado de los especificadores, diseñadores, constructores, dueños de proyectos y proveedores de materiales y técnicas de construcción es de vital importancia para que desde las primeras etapas del proyecto se tengan en cuenta las mejores soluciones que ofrece el mercado, para cada uno de los retos que presentan estos proyectos. Así es posible construir obras con los más altos estándares de calidad, utilizando una tecnología que está al alcance del sector nacional de la construcción y a los costos más favorables para así dotar al país de la infraestructura que exigen el desarrollo y la productividad. **C**



➤ Aplicación robotizada de membrana proyectada en el hastial de un túnel.

# TECNOLOGÍA SIKA PARA MINERÍA

## REPARACIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS



**SikaBond® R&B-100** es un sistema de reparación en frío de las bandas transportadoras.

## SOLUCIONES PARA SOPORTE DE TÚNELES



Soluciones para concreto lanzado, anclajes, inyecciones y fibras.

## RESPALDO DE TRITURADORES



**Sikadur® 996** les provee alta resistencia al impacto y desgaste, incrementando su durabilidad.

## SUPRESORES DE POLVO



**Sika®Dust Seal** ayuda con el ahorro del agua y el control de polvo, contribuyen a que la actividad minera sea un sector sustentable.

# TECNOLOGIAS SIKA

Soluciones para minería

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## 1. SOLUCIÓN SIKA PARA CONCRETO LANZADO

El concreto lanzado une múltiples aspectos de la tecnología moderna del concreto, equipos y mano de obra calificada. Es una excelente herramienta para la estabilización y soporte de estructuras en un tiempo muy corto, para aplicaciones de concreto sin utilizar ningún tipo de cimbras o soportes.

Sika posee soluciones en aditivos químicos para ambos métodos de lanzado: Vía seca o Vía Húmeda.

Principales requerimientos del concreto lanzado en minería.

- a) Altas Resistencias Iniciales:  
Línea **Sigunit**<sup>®</sup>
- b) Fluidéz y Alto rango de trabajabilidad (Permanencia de revenimiento).  
Línea **SikaViscoflow**<sup>®</sup>, **Sikaplast**<sup>®</sup> SC, **Plastiment Liquid**.
- c) Buena bombeabilidad: **Sika Pump**<sup>®</sup>
- d) Tenacidad y resistencia a la abrasión:  
**SikaFiber**<sup>®</sup>
- e) Durabilidad e impermeabilidad:  
**Sikacrete**<sup>®</sup> 950DP



## 2. INYECCIONES

Los ciclos rápidos son importantes para una eficiente operación en Minería. La gama **SikaFix**<sup>®</sup> y la línea Spinor ofrecen soluciones efectivas e innovadoras de inyección incluyendo poliuretano, silicato, microcemento y acrilato, para todas las posibles alternativas de inyección y problemas de estabilización del suelo.



## 3. IMPERMEABILIZACIÓN DE TÚNELES

Trabajar en lugares secos incrementa la productividad de manera importante y significativa en Minería. La gama de membranas a base de **PVC Sikaplan**<sup>®</sup>, la membrana aspreable **Sikacem 711 Elastic** y morteros hidrófugos a base de **Sika 1**<sup>®</sup>, proveen diferentes alternativas de Solución para los diferentes problemas de filtración que existan en los túneles.



## 4. RESPALDO DE TRITURADORES

Incrementar la vida útil de las placas de desgaste de los trituradores tanto giratorios como de cono significan un ahorro significativo en la operación de la Mina, el **Sikadur**<sup>®</sup> 996 les provee alta resistencia al impacto y desgaste, incrementando su durabilidad.



## 5. SUPRESORES DE POLVO

El ahorro del agua y el control de polvo, contribuyen a que la actividad minera sea un sector sustentable, el uso del **Sika**<sup>®</sup> **Dust Seal** contribuye significativamente a lograr estos dos objetivos.



## 6. RECUBRIMIENTOS

Sika ofrece un rango de productos para recubrimiento que protegen a las estructuras de cualquier ataque de fluidos abrasivos y químicos a través de sus líneas **Sikalastic®** y **SikaGard®**.

En minería los recubrimientos Sika protegen infraestructuras a gran escala, tales como: tanques de tratamiento de agua, cuencas de retención, espesantes, tanques de lixiviación, celdas de flotación e instalaciones de almacenamiento.



## 7. GROUTING

Maquinaria pesada como molinos, trituradoras y montacargas son componentes clave en grande operaciones de minería.

Los morteros cementicios de la línea **SikaGrout®** y epóxico **Sikadur® 42CL** juegan un importante papel en la transferencia de vibraciones y cargas pesadas de esta maquinaria a la cimentación, haciendo efectivo su funcionamiento estructural.



## 8. PISOS ESPECIALES

Las Líneas **Sikafloor®** (resina y poliuretano) y **Sikafloor Epcem®** (cemento, resina) ofrecen soluciones eficientes para áreas de trabajo que necesitan soportar cargas constantes y ser resistentes a altos impactos. Los pisos de Sika se pueden encontrar en talleres de minas y con aplicaciones en todo el mundo.



## 9. RELLENOS EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

Dentro de la minería Subterránea se rellena por dos razones:

- 1.- Servir como piso o muro de trabajo para efectuar la perforación, el disparo, sostenimiento y acarreo del material.
- 2.- Servir como sostenimiento para que la mina no colapse debido al incremento de áreas abiertas.

La línea **Plastiment® Mine** y **Sikaplast® Mine**, modifican las características de la mezcla al cemento, haciendo una pasta de buena consistencia, bombeabilidad y resistencia, incrementando la productividad y reduciendo los costos.



## 10. REPARACIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS

**SikaBond® R&B-100** es un sistema de reparación en frío de las bandas transportadoras que puede solucionar los daños presentados tanto en bandas de caucho natural como sintético, con el fin de extender la vida útil de la correa, optimizando costos y tiempos de operación.



## 11. EQUIPOS PARA CONCRETO LANZADO Y SOPORTE TÉCNICO SIKA

**Sika®Aliva®** y **Putzmeister** son capaces de proveer los equipos para todos los tipos de concreto lanzado.

Sika proporciona el soporte técnico en sitio a nuestros clientes mineros desde las pruebas preliminares y de forma continua durante la ejecución y operación, con el objetivo de optimizar sus procesos y dar soluciones a los nuevos retos que se presenten.

Hecho en **CONTROLS**:

# tecnología innovadora

- La gama más completa de equipos de ensayo para la industria de la construcción. Basada enteramente en tecnologías propias, desarrollada y fabricadas internamente.

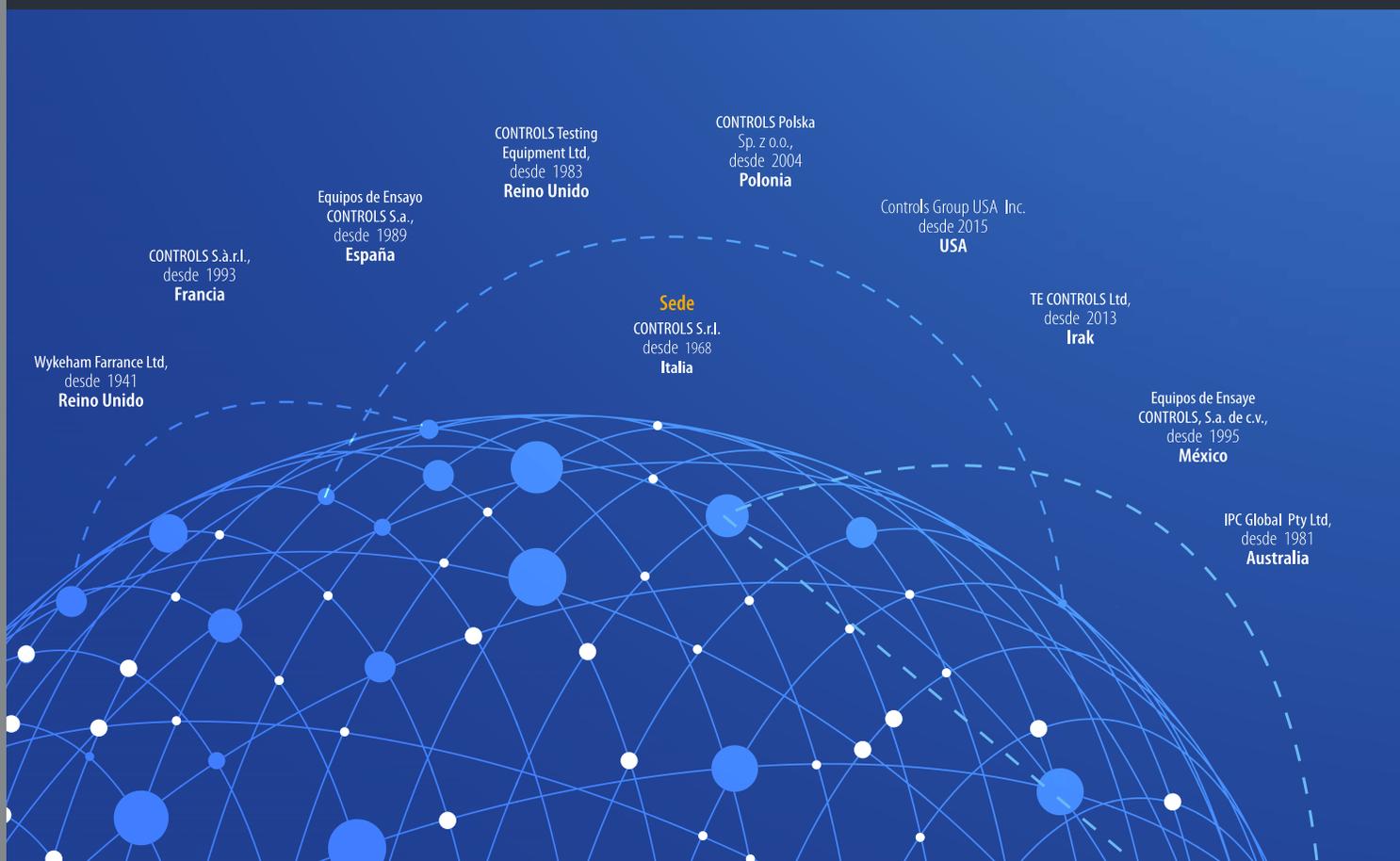


Un grupo:

# su mejor aliado

- Con sus filiales y su red mundial de distribuidores cualificados, CONTROLS Group es desde hace casi 50 años el aliado ideal en el ámbito de los equipos de ensayo para la industria de la construcción. EN TODO EL MUNDO.

**CONTROLS GROUP**



# Aplicaciones del concreto en el sector minero de Canadá

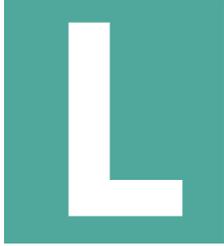
Por: Adriana Valdés



 Cyt imcyc

 @Cement\_concrete

Fotografías: Goldcorp Inc.  
Concrete Canvas



La industria minera de Canadá es una de las más importantes del mundo atendiendo a su geología, su diversificación de productos, su infraestructura y su expansión hacia otros escenarios internacionales

entre el que se encuentra México. De acuerdo a esto, hoy en día cientos de minas operan en Canadá proveyendo diversos materiales a nivel nacional e internacional.

Cabe señalar que las diversas aplicaciones del concreto son un elemento fundamental de la construcción, mantenimiento y operación de las minas canadienses. Entre ellas destacan las variantes del concreto lanzado que constituyen uno de los principales materiales empleados para brindar soporte a los muros rocosos de las minas. Su aplicación se ha convertido en un aspecto indispensable de la operatividad de estas minas y ha repercutido en una mayor seguridad para los operadores y en la recuperación de más minerales. A su vez, se emplean con éxito otras tecnologías de concreto como es el caso de *Concrete Canvas CC* (telas impregnadas concreto). Este tipo de material constituye una alternativa para los soportes, canales y muros de las minas que es posible instalar en tiempos óptimos y bajo condiciones climatológicas extremas como las que se presentan en diversas regiones de Canadá.

En las próximas líneas se realiza una aproximación a la industria minera actual con la intención de evidenciar las innovaciones que presenta en la aplicación de las tecnologías del concreto.

## PANORAMA DE INDUSTRIA MINERA CANADIENSE

La industria minera de Canadá permea diversas regiones del país y tiene un gran impacto a nivel nacional e internacional. Por ejemplo, Toronto es

una de las principales regiones mineras del país al contar con más de 400 oficinas de exploración y minería. A su vez, Vancouver es de gran relevancia para el sector minero de exploración, dado a que es sede de más de 850 oficinas de minería y exploración. De manera paralela, resalta Montreal debido a las compañías mineras establecidas ahí y al desarrollo educativo y de investigación vinculado a la minería. Otra muestra del auge de la industria minera y de sus privilegiadas condiciones geológicas es que Canadá produce alrededor de 60 minerales y metales y se encuentra dentro de los primeros cinco lugares de productores de 14 minerales y metales. De manera paralela, es sede de algunas de las compañías multinacionales más importantes como *Inco, Barrick Gold, Alcan, Cominco, Falconbridge, Placer Dome y Noranda*. Además de diversos factores políticos y socioeconómicos, el éxito de la industria minera de Canadá se explica por sus óptimas condiciones geológicas y el continuo apoyo dado hacia la investigación y el desarrollo de esta industria. Por otra parte, las minas canadienses destacan por sus condiciones de seguridad y sustentabilidad, ya que en el 2004 fueron las primeras en desarrollar un sistema de verificación externa de las prácticas mineras. De manera paralela, un aspecto clave para esta industria es la aplicación constante de nuevas tecnologías entre las que se encuentran por supuesto las innovaciones relacionadas con el concreto.

## CONCRETO EN LA INDUSTRIA MINERA

La principal función del concreto en las minas es brindar soporte a las paredes rocosas de los túneles a gran profundidad con la finalidad de evitar desprendimientos, deslaves o derrumbes. A su vez, se emplea en las instalaciones operativas de las minas, en los muros de ventilación, cunetas y recubrimientos de contenedores de residuos, entre otras muchas aplicaciones.

## Rol del soporte en las minas

- Reforzar la masa de rocas previniendo que rocas sueltas se desprendan o caigan, lo cual puede desencadenar fallas en toda la superficie rocosa
- Sostener firmemente los elementos de retención previniendo así la caída de rocas ante la gravedad



## CONCRETO LANZADO

El concreto lanzado fue empleado en la industria minera de Canadá desde la década de los 70's. De manera general, se trata de una mezcla de concreto y diversos aditivos que son mezclados y proyectados neumáticamente a una alta velocidad en superficies que requieren soporte. A partir de su introducción en Canadá se han desarrollado constantes innovaciones y adecuaciones para cumplir con las demandas que presentan los yacimientos mineros. Principalmente el concreto lanzado es útil para prevenir o reducir sustancialmente los desprendimientos y movimientos de rocas en los túneles de las minas al rellenar fracturas y uniones.

## > LA INDUSTRIA MINERA DE CANADÁ <sup>1</sup>

- Aproximadamente 375,000 personas alrededor de Canadá trabajan en el sector minero.
- Canadá cuenta con más de 3,700 compañías que se encargan de dar servicios financieros, de ingeniería, geotécnica y controles ambientales al sector minero.
- En Canadá los trabajadores de la industria minera reciben los salarios más altos del sector industrial.
- En el 2014 la industria minera de Canadá contribuyó con 57 billones de dólares canadienses al Producto Interno Bruto del país.
- En este mismo año representó un 18.2% del valor de los productos exportados en este país.
- El valor de la producción minera en el 2014 ascendió a 44.7 billones de dólares canadienses.

<sup>1</sup> Fuente: Mining Association of Canada

De acuerdo al Centro de Investigaciones de la *Laurentian University* en Ontario se ha confirmado que en algunos casos la introducción del concreto lanzado en el entorno minero ha contribuido a extender la vida de las minas y ha reducido los costos de rehabilitación y los retrasos en la producción. De acuerdo a esto, el concreto lanzado es visto hoy en día como una opción excelente para el entorno minero canadiense. Sin embargo, se requiere hacer adecuaciones específicas en las mezclas y refuerzos para que se adapten a las condiciones particulares y cambiantes de cada entorno subterráneo reflejándose esto en una óptima relación costo-beneficio.

El concreto lanzado puede ser aplicado con una mezcla húmeda (el agua de la mezcla es añadida previamente al inyector) o una seca (el agua se añade directamente en el inyector). Cabe señalar que la mezcla seca es empleada en el 95% de los entornos subterráneos de Canadá con el 85% de la producción realizada con un inyector manual y el resto con un sistema de rociado remoto. Estos números varían dado a que cada vez se busca que estos procedimientos sean realizados de manera remota y se realizan innovaciones en las máquinas inyectoras para eficientar sus capacidades, así como para adaptar sus dimensiones a las condiciones estrechas de los túneles.

La preferencia por la mezcla seca atiende a que muchos de los sitios en los que se aplica concreto lanzado son inaccesibles al paso de grandes maquinarias requeridas si se opta por emplear una mezcla húmeda de concreto lanzado. Cabe señalar que las mezclas húmedas son empleadas en secciones accesibles principalmente en el exterior o en grandes ductos y a esto hay que agregar que cada vez se busca hacer más uso de este método cuando es posible pues con él se logra controlar perfectamente la cantidad de agua agregada en la planta productora sin que esto recaiga en el personal que maneja el inyector. A su vez, se logra una mayor homogeneidad en la mezcla aumentando la productividad y disminuyendo los costos.<sup>2</sup> Como se ha visto, la elección del tipo de mezcla varía de acuerdo a las características puntuales de cada mina.

<sup>2</sup>John Wolsiefer, Sr., y Dudley R. Morgan, *Silica Fume in Shotcrete, Shotcrete Classics*, 2003.

Desde hace varios años se ha buscado generar avances en la composición y aplicación del concreto lanzado. Entre los mayores logros introducidos en Canadá desde la década de los 80's se encuentra la introducción de microsilica empleada como un aditivo de la mezcla, y por otra parte se han empleado refuerzos de acero o de fibra de polipropileno. El concreto lanzado con fibra de acero se empleó desde los 70's y desde ese entonces ha ganado terreno sobre la aplicación del tradicional concreto lanzado reforzado con malla de alambre. La principal función del refuerzo que se desee aplicar es añadir ductibilidad al material.

Ejemplos de la aplicación del concreto lanzado en Canadá se encuentran en la mina Redrock de la compañía *Goldcorp Inc.*, la cual es productora de oro y cuenta con enormes instalaciones de operaciones mineras. En dicha mina se optó por optimizar la eficiencia del proceso constructivo al emplear un sistema de concreto lanzado húmedo aplicado en el

	 <p><b>SMIE®</b> Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.</p>	<p>Del <b>16 al 19</b> de <b>Noviembre</b> de <b>2016</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Curso:</b> El Diseño por Viento</li> <li>• <b>Más de 160 Presentaciones orales</b></li> <li>• 5 Conferencias Magistrales</li> <li>• <b>Ponentes Internacionales</b></li> <li>• <b>Concurso Nacional de Tesis:</b> Licenciatura, Maestría y Doctorado</li> <li>• 5° Concurso Nacional de Puentes de Madera</li> <li>• <b>Premios SMIE:</b> Docencia, Investigación, Práctica Profesional y Miembro Honorario</li> <li>• Exposición Técnica Comercial</li> <li>• <b>Reunión de Delegaciones y Representaciones SMIE</b></li> <li>• Asamblea de Socios</li> <li>• <b>Programa de acompañantes</b></li> <li>• Cena de Gala y Premiación</li> <li>• Cena de Miembros Institucionales</li> </ul>
	<p><b>LOS EFECTOS DEL VIENTO</b></p> <p><b>XX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural</b></p> <p>Mérida, Yucatán / Hotel Fiesta Americana</p>		
<p><b>5 Conferencias Magistrales</b></p>		<p><b>Curso de Viento</b></p> <p><b>Programa de Acompañantes</b></p>	



**Informes e Inscripción**

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C. / Sra. Ana María Nasser Farías / Camino a Santa Teresa No. 187  
Col. Parques del Pedregal / Delegación Tlalpan 14010 / México D.F. Tel: (55) 5665-9784 y (55) 5528-5975

Correo-e: [ana.nasser@smie.com.mx](mailto:ana.nasser@smie.com.mx)  
[www.smie.org.mx](http://www.smie.org.mx)





exterior que involucró el uso de camiones de transporte de materiales más grandes con el fin de agilizar la instalación. Por otra parte, en la ampliación de un enorme túnel subterráneo de esta mina a más de 1,645 metros de profundidad se empleó también concreto lanzado con mezcla seca como soporte de los muros y también se instalaron alrededor de 3,111 soportes de concreto fraguado en el sitio en los pisos sobre los que se colocaron rieles de acero. De manera paralela, en otras minas de esta compañía en Canadá como es el caso de la mina *Porcupine*, *Éléonore* o *Stillwater* se han empleado diversas variantes del concreto lanzado ya sea reforzado con malla de acero o con diversos aditivos.

Incluso, algunos de estos sitios planean ser reutilizados por la comunidad en un futuro como es el caso del *Hollinger Open Pit* que forma parte del territorio de *Porcupine*, el cual dejará de operar en 2019 y será cerrado en su totalidad cuatro años después. Al trascurrir este lapso las autoridades de la ciudad instalarán ahí un área recreativa para los habitantes de la ciudad de *Timmings* en Ontario cuya zona céntrica se encuentra adyacente a la comunidad.

## TELAS DE CONCRETO Y LA MINERÍA

Aunado al concreto lanzado en el entorno minero de Canadá también se emplean otras tecnologías con concreto entre las que se encuentra *Concrete Canvas* (CC). En términos generales se trata de una tela flexible impregnada de concreto que se endurece por completo al ser hidratada formando con esto una capa de concreto delgada, impermeable y resistente al fuego.

De acuerdo a William Crawford, director de la empresa que produce estos materiales, menciona que Canadá fue uno de los primeros mercados en emplear dicha tecnología ya que se adapta a los retos de ese mercado. Por ejemplo, es posible aplicarla en regiones remotas o con climas extremos en donde la construcción con otro tipo de materiales es muy limitada. También se emplea para controlar diversos tipos de erosión, ya que se coloca como recubrimiento de canales de agua, de los depósitos de residuos o del drenaje del agua. Los beneficios al aplicar este tipo de tecnología es que se disminuye hasta diez veces los tiempos de aplicación en comparación con el concreto lanzado o fraguado. Este es un gran beneficio sobretodo ante condiciones climáticas extremas.

Ejemplos de la aplicación de esta tecnología en minas canadienses se encuentran en el recubrimiento de una cuneta para canalizar los desperdicios de la mina *Willow Creek* ubicada en Columbia Británica. La extensión cubierta fue de 10,150 m<sup>2</sup> por medio de la colocación de capas transversales. Este trabajo fue completado en un lapso de 6 semanas bajo condiciones climáticas difíciles. Otro caso fue el recubrimiento de un muro de ventilación en la mina ubicada en Ontario. Para este caso se emplearon rollos de CC8 los cuales pueden ser trasladados sin necesidad de maquinaria. Aquí el diámetro de estos rollos era igual a las aperturas de las ventilaciones disminuyendo el desperdicio.

Esta breve revisión permite acercarnos al entorno minero canadiense en donde constantemente se realizan innovaciones que atienden a las crecientes necesidades de las compañías y a las condiciones extremas climatológicas en las que operan varias de ellas. Definitivamente el concreto es un elemento indispensable para la operatividad de estas minas y requiere de un gran grado de especialización y de adecuaciones para cumplir con los requerimientos específicos de cada sitio. De ahí la importancia de ejemplificar las diversas opciones con las que cuenta el concreto para el sector minero, que no sólo necesita soluciones eficientes, sino de vanguardia e innovación constante. **C**

# NUEVO FORD SUPER DUTY 2017

Hecho para superarlo todo, incluso el paso del tiempo.



Chasis de acero ultra resistente, 24 veces más fuerte. Remolca más que cualquiera.



Tecnología de monitoreo extendido de punto ciego para remolque BLIS® (F-250)



Capacidad de carga desde 3,700 kg hasta 5,929. La capacidad de carga más alta del segmento.



[ford.mx](http://ford.mx)

# TYTRO®: Un sistema integral de aditivos que aumenta la calidad y seguridad, reduciendo el impacto ambiental y los costos de las estructuras ejecutadas con concreto lanzado (shotcrete)

El uso cada vez más frecuente del concreto lanzado, fundamentalmente el llamado “vía húmeda”, como revestimiento y sostenimiento en túneles y obras subterráneas ha motivado un continuo desarrollo de los tres pilares en que se apoya esta tecnología, que son la ejecución – equipamiento – diseño de mezcla. En los comienzos del uso de esta tecnología se empleaban obreros de tareas generales para las tareas de proyección. Sin embargo, el avance en materia de ejecución ha requerido la especialización y en la actualidad se requiere que la mano de obra de proyección en países de nuestro entorno como Chile o Canadá sea certificada por un organismo de capacitación (EFNARC o ACI).

También en lo que hace a equipamiento se comenzaron a usar bombas de concreto y el avance permite hoy disponer de equipamiento de proyección de alta calidad, con brazo robotizado que reduce la exposición al riesgo de los aplicadores y mejora los ciclos de colocación, lo cual conlleva un incremento sustancial en la calidad del material puesto en obra y la eficiencia de los procesos de aplicación. Además, estos equipamientos vienen integrados con softwares de control y gestión de la aplicación que permiten tener una trazabilidad del trabajo ejecutado. En lo que respecta al material a aplicar, ha habido una evolución similar que en los otros dos pilares y por supuesto los componentes del concreto (cemento, agregados, adiciones y aditivos) también están evolucionando para atender los requerimientos cada vez más estrictos de esta tecnología.

En el caso particular de aditivos para concretos lanzados, el camino evolutivo ha sido el mismo, partiendo de los aditivos de concreto convencional (Plastificante, Superfluidificantes, Retardadores de Fraguado, Incorporadores de aire) se pasó a aplicar a nivel de la boquilla un acelerante de fraguado que permite el desarrollo temprano de resistencias a compresión y así un avance en los ciclos de producción en la excavación. A su vez, se adoptó el uso de adiciones de humo de sílice con la finalidad de mejorar la durabilidad y las condiciones de colocación del concreto lanzado. El humo de sílice (también conocido como microsílíce), debido a su finura, aumenta el índice de compactación del concreto, reduciendo la permeabilidad, y mejorando también las resistencias finales gracias a su puzolanidad. El uso de humo de sílice se ha venido utilizando también para facilitar el bombeo del concreto, reduciendo la presión de bombeo y permitiendo rendimientos superiores. Otro desarrollo en paralelo ha sido la sustitución del refuerzo en malla metálica por fibras metálicas o sintéticas. En la actualidad, la adopción de fibras de refuerzo en construcción de obras subterráneas ya es práctica común en proyectos mineros y el refuerzo en fibras se está adoptando rápidamente en proyectos de túneles de infraestructura.

## Nueva generación de aditivos

GCP Applied Technologies ha querido realizar una contribución sustancial al pilar de diseño de mezcla desarrollando un paquete completo de aditivos especialmente formulados y ajustados a las necesidades del segmento de la minería e infraestructuras.

Motivados por nuestro interés en aportar avances tecnológicos al segmento de obras subterráneas, en el año 2013 iniciamos un programa de Investigación y Desarrollo (I+D) con el objetivo de desarrollar un sistema integral avanzado de aditivos y refuerzo para concreto lanzado. Así es que en el final del año 2015 lanzamos en los mercados de Canadá, Chile, Australia y México, mercados de uso intensivo de concreto lanzado de alta exigencia para proyectos mineros y túneles, el sistema TYTRO®.

El sistema TYTRO® está conformado por una familia de aditivos y refuerzo que han sido especialmente formulados para su uso en construcción de túneles y obras subterráneas puesto que este segmento de aplicación presenta condiciones muy diferentes a los concretos elaborados convencionales ya sea por materiales empleados (cementos especiales para atender condiciones de durabilidad, agregados disponibles en la zona, uso de adiciones), condiciones de medio ambiente (espacios

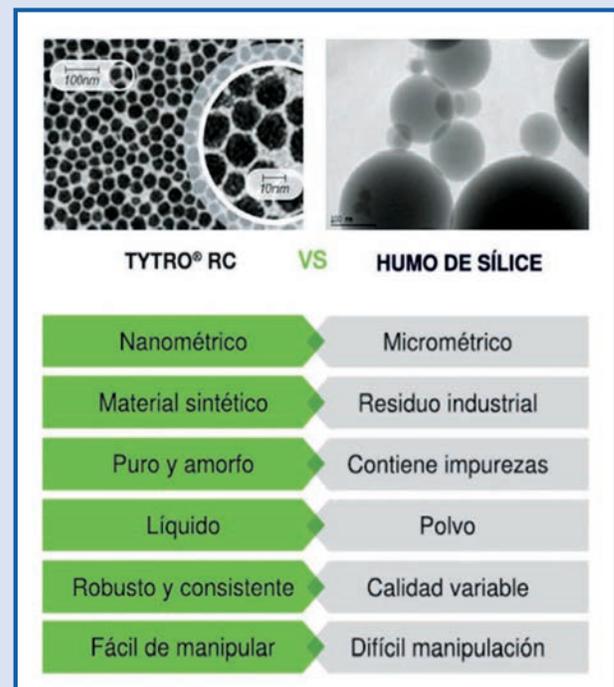


Figura 1: TYTRO® RC Comparado a Materiales Puzolánicos Tradicionales.

## Mecanismos de acción del aditivo controlador de reología



➤ **Figura 2: TYTRO® RC Mecanismos de acción y efectos en los concretos.**

confinados), condiciones de colocación (tiempo entre elaboración y aplicación, lanzado, temperatura y humedad ambiente, equipos empleado) y exigencias técnicas (resistencia a compresión a edades muy tempranas, adherencia, rebote).

Esto permitió el desarrollo de las familias de aditivos base que conforman el sistema TYTRO®:

- **TYTRO® SA:** Última generación de acelerantes de fraguado de alto desempeño, libres de álcalis, formulados especialmente para proporcionar altas resistencias iniciales a bajas dosis, logrando acelerar los ciclos productivos sin comprometer la resistencia y la durabilidad de las estructuras.
- **TYTRO® WR:** Familia de reductores de agua de alto rango de última generación en base a policarboxilatos especialmente diseñados para concretos lanzados.
- **TYTRO® HC:** Controladores de hidratación. En lugar de usar tecnologías de retardadores de fraguado convencionales, nuestro sistema está basado en el control de la hidratación. Las condiciones severas de temperatura y tiempos de espera entre elaboración y aplicación hacen imprescindible el uso de esta tecnología.
- **TYTRO® AE:** Son aditivos incorporadores de aire con la robustez necesaria para soportar condiciones extremas de mezclado, cementos de características especiales y las presiones de bombeo de las lanzadoras.
- **TYTRO® RM:** Aditivos modificadores de reología que permiten mitigar problemas con los agregados de obra así como mejorar del bombeo.
- **STRUX®:** Fibras macrosintéticas de alto desempeño desarrolladas por GCP y utilizadas para sustituir el refuerzo de fibras de acero y de malla electrosoldada en obras subterráneas que utilizan concreto lanzado.

No obstante las mejoras alcanzadas con las formulaciones especiales de las familias de aditivos

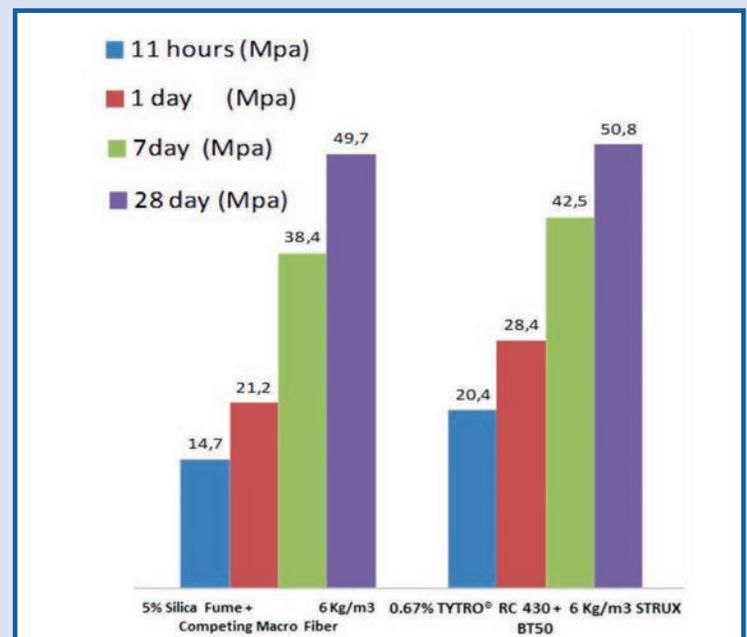
base TYTRO®, aún quedaban oportunidades de mejoras en lo que se refiere a:

- **Reducción del rebote:** valores de más del 10% de rebote son habituales.
- **Aumento de los espesores de pasada:** limitante del incremento de productividad y del avance en los ciclos de colocación
- **Mayores resistencias tempranas,** lo cual reduce los tiempos muertos en las tareas de excavación.
- **Mejor compacidad y menor permeabilidad al agua del concreto.**

Con este objetivo el equipo de I+D de GCP trabajó en el desarrollo de un aditivo puzolanico que ofrece las mismas ventajas y efectos que el humo de sílice pero eliminado prácticamente todas sus limitaciones, en especial las relacionadas con su manipulación, resistencias iniciales y calidad y grado de pureza variables.

### TYTRO® RC 430 Controlador de reología

GCP ha desarrollado un innovador aditivo controlador de reología que está formulado para atender los puntos antes mencionados, que si bien eran mitigados por el humo de sílice (microsilice) u otros materiales puzolanicos, aun en la comunidad del concreto lanzado no se había alcanzado un nivel satisfactorio de costo/beneficio.



➤ **Figura 3: TYTRO® RC Efecto en las resistencias .**

TYTRO® RC 430 es un aditivo líquido controlador de reología de alta prestación constituido por partículas de tamaño nanométrico de sílice de alta pureza, que en reacción con los componentes hidratados del cemento producen nuevos productos de hidratación mejorando, a través de este mecanismo, las propiedades resistentes y de durabilidad del concreto lanzado.

Asimismo, en comparación con concretos con adición de microsílíce en polvo, la adición de TYTRO® RC 430 permite una mejora en la puesta en obra de los concretos lanzados al proporcionar una mayor cohesión en la mezcla y una superior adherencia al sustrato de roca, lo que conlleva importantes ganancias de productividad en las tareas de proyección permitiendo mayores espesores de capa y minimizando el rebote y polvo en las proyecciones, particularmente cuando se proyecta sobre cabeza. A su vez, debido a un efecto llenado,

ensayos comparativos para analizar los efectos de la adición del agente puzolánico controlador de reología TYTRO® RC 430 en las propiedades en estado fresco y endurecido de concretos lanzados por vía húmeda. En este programa de ensayos, se evaluaron tres mezclas de concreto con el mismo cemento: Una mezcla convencional con 5% de adición de humo de sílice, y dos mezclas con adiciones de 0.67% y 1.30% de agente puzolánico controlador de reología TYTRO® RC 430. El contenido total de material cementante fue de 472.5 kg/m<sup>3</sup> para la mezcla con adición de humo de sílice, y de 450 kg/m<sup>3</sup> para las mezclas que incorporan el agente de control de reología, y la relación de agua-cemento con valor 0.435 se mantuvo constante en todas las mezclas. El programa de ensayos llevado a cabo incluyó mediciones de asentamiento, rebote de proyección, resistencia a compresión a diversas edades, y resistencia a la penetración de agua a presión.

Los resultados del programa de ensayos mostraron que la manejabilidad para las tres mezclas presenta un comportamiento similar. Se obtuvieron valores de rebote de proyección que oscilaron en el rango de 5% a 6% del volumen total proyectado. Las mezclas con TYTRO® RC 430 presentaron valores superiores de resistencias a compresión a edades tempranas en comparación con las mezclas con adición de humo de sílice, y presentaron un comportamiento similar a los 7 y 28 días.

Respecto a la permeabilidad, la profundidad de la penetración del agua de las mezclas que contienen el agente controlador de reología TYTRO® RC 430 fue ligeramente menor que la de la mezcla de humo de sílice. Del mismo modo, se evidenció que el agente controlador de reología requiere menores dosis óptimas de adición para alcanzar prestaciones similares a las aportadas por la adición de humo de sílice.

En general, se concluyó que el agente controlador de reología TYTRO® RC 430 es eficaz en la mejora de propiedades en estado fresco y endurecido de concretos lanzados por vía húmeda. TYTRO® RC 430 representa una alternativa al empleo de humo de sílice cuando se pretende fabricar concretos de alta durabilidad y baja permeabilidad, manteniendo las mismas prestaciones pero ofreciendo ventajas técnicas adicionales debido a su mayor pureza y finura, como la mejora en los niveles de adherencia y espesor de pasada y las mayores resistencias iniciales. Además, su presentación en formato líquido facilita enormemente el manejo, la dosificación y el almacenamiento del producto, aportando ventajas en materia de seguridad y salud en el trabajo. **C**

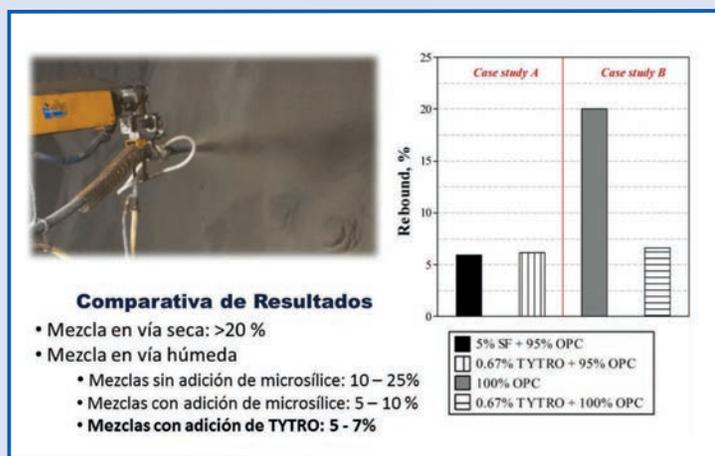


Figura 4: TYTRO® RC Efectos en el rebote del concreto lanzado.

TYTRO® RC 430 dota a la mezcla de un mayor grado de compacidad que proporciona un aumento de la durabilidad del material puesto en obra a través de la reducción de la permeabilidad al agua. Por su tamaño nanométrico y sus propiedades puzolánicas, TYTRO® RC 430 permite sustituir el uso de humo de sílice en polvo con dosis significativamente más bajas para lograr resistencias a compresión a 28 días y durabilidad comparables así como una mejora sustancial de las resistencias tempranas.

**Programa de Ensayos**

Para la validación del producto, el equipo de equipo de I+D de GCP se desplazó al reconocido laboratorio y galería de ensayos de Hagerbach en Suiza, donde se llevó a cabo un minucioso plan de

GRACE



Logre la Excelencia en Concreto Lanzado

Sistema TYTRO®

PICTURED | TYTRO® Shotcrete System



**Logrando menores costos de colocación, menores tiempos de ciclo y un desempeño superior.**

- Reductores de Agua de Alto Rango - TYTRO® WR
- Control de Hidratación - TYTRO® HC
- Inclusor de Aire - TYTRO® AE
- Modificador de Reología - TYTRO® RM
- Control de Reología - TYTRO® RC
- Acelerante de Fraguado - TYTRO® SA
- Fibra de Refuerzo - STRUX®

gcpat.com

CP0072

# VIAJE AL ESPACIO SUBTERRÁNEO



Raquel Ochoa

 Cyt imcyc    @Cement\_concrete

Fotografía: Cortesía de de Carlos Oteo Mazo



ultifacético, experto de la ingeniería geotécnica, extensionista del conocimiento en los Máster de Túneles y Obras Subterráneas de la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS),

conferencista, investigador y profesionalista.

Aportador de ilusiones, ideas, sistemas teóricos y prácticos de análisis, el Ingeniero Carlos Oteo Mazo, actual director y profesor de la maestría en Túneles y Obras Subterráneas, miembro de la Asociación Española de Túneles, orador y escritor de innumerables artículos, detalló en entrevista para la *Revista Construcción y Tecnología en Concreto* cómo ha sido su trayectoria, retos y desafíos en la ingeniería subterránea.



## ***Carlos Oteo Mazo, un conquistador embelesado de la "oscuridad" del problema, la incertidumbre y desconocimiento de lo que hay dentro del ámbito subterráneo.***

### EL COMIENZO

Dicen que lo primero -y lo más importante- en la vida es descubrir nuestra vocación. Hacer realidad los sueños para defendernos contra la futura insatisfacción profesional. Cuando nos asimos al objeto de atracción primera hasta llegar a convertirlo en una realidad concreta, entonces hemos logrado alcanzar nuestra vocación, aquello que elegimos de entre muchas otros caminos. El doctor y catedrático D. Carlos Oteo Mazo, lo corrobora.

El Hombre que ha sabido conjugar la realidad con la fantasía, con el uso de la instrumentación geotécnica, a la que siempre ha impulsado y apoyado desde los años setenta, comentó sobre su encuentro con su vocación. "Mi encuentro con la Ingeniería fue poco a poco. En mi familia no había ningún precedente ingenieril. Pero los puentes... me empezaron a atraer, como elementos de unión entre fronteras, ríos, como estructuras en el espacio, desde las más pesadas y antiguas hasta las más ligeras y modernas. Después, ya en la carrera, me fascinó la Geotecnia y a ella me dediqué.

Tuve la suerte de contactar con el Profesor Jiménez Salas, el máximo geotécnico español de entonces, que me dirigió la Tesis Doctoral y me permitió desarrollar mi trabajo en el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo que él dirigía, al mismo tiempo que entré en su Cátedra de Geotecnia y Cimientos (Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid)", rememoró el experto en Ingeniería Geotécnica.

### ATRACCIÓN Y RETOS

A decir del Doctor Oteo Mazo, el proceso de introducción en el espacio subterráneo no fue inmediato. Se inició en 1972, a raíz de unos problemas de subsidencia (daños en edificios) originados por la construcción de unos túneles en el Metro de Barcelona. Por ello, inicié una colaboración con el actual Profesor Sagaseta de la Universidad de Cantabria sobre dicho tema, al que hemos dedicado muchos años e investigaciones (teóricas y aplicadas). Después empezó algún otro túnel, luego el Metro de

## ➤ EVOLUCIÓN PROFESIONAL

**Primer empleo diseño de una cimentación pilotada para el edificio de una Central telefónica en Valencia (España).**

**Empleos más representativos como colaborador y Asesor Geotécnico y en Ingeniería del Terreno en diversas obras:**

- **Dique Seco de Matagorda, Cádiz, para buques de 1,000.000 TPM**
- **(1971-74).**
- **Metro de Caracas (1979-81).**
- **Diferentes intervenciones con tratamientos pesados del terreno como en la Avenida de la Ilustración de Madrid (1988-89), un tramo de la Autovía a Zaragoza, en Medinaceli (1992-93), etc.**
- **Ampliación del Metro de Madrid (1995-2011).**
- **Soterramiento de la Calle 30 de Madrid (2003-2007).**
- **Túneles ferroviarios de Guadarrama para la Línea de Alta Velocidad (2002-2005).**
- **Proyecto de la Línea 1 del Metro de Bogotá, versión subterránea (2012-2015), etc.**

Madrid, Caracas, Sevilla, Londres, Málaga, Bogotá, Moscú, túneles ferroviarios de Alta Velocidad (Guadarrama, Pajares, entre otros)”.  
A través de los tiempos, las civilizaciones se han visto atraídas por el descubrimiento y uso del espacio subterráneo. En algunas ocasiones, las excavaciones tienen una función religiosa, en otras como estructuras hidráulicas, o estructuras

para el transporte. Independientemente de su función la atracción que ejerce el mundo subterráneo ha estado presente en toda la historia y desarrollo del hombre.

Para Carlos Oteo Mazo no podía ser diferente “Me atraía la “oscuridad” del problema, la incertidumbre y desconocimiento de lo que había dentro del ámbito subterráneo, en el que hasta que no acabas la obra no completas el conocimiento y el diseño del tema. Vamos, cada túnel un nuevo reto”.

Cuando del el experto en geotécnica –que asimismo se describe como algo “cabezón”, “contador de batallitas” e interesado por las personas–, inició su carrera profesional (1969) “el desarrollo del espacio subterráneo estaba iniciándose. Los sistemas tradicionales (Madrid, Berlín, París) de excavaciones de túneles usaban sostenimientos provisionales de madera y revestimientos gruesos de concreto y concreto en masa. Poco después (1976) visité los túneles de los Alpes Austriacos, que ya estaban construyendo con el Nuevo Método Austriaco (NATM), con ayuda del concreto proyectado (o gunita) para el sostenimiento provisional”.

## ENCUENTROS CON LA PROFESIÓN

En las últimas décadas la importancia que adquiere el uso del el espacio subterráneo para el bienestar de la sociedad va en aumento. La industria de la construcción subterránea ha hecho frente a los desafíos particulares de la construcción bajo tierra. Y es que, el espacio subterráneo se ha transformado en una solución subterránea inteligente para resolver muchos problemas de congestión urbano y de cuidado al medio ambiente.

En este sentido, Carlos Oteo Mazo, considera que “el espacio subterráneo no ha hecho más que empezar. El entorno urbano necesita del urbanismo bajo tierra, tanto en ciudades “del frío” (como Montreal, Oslo, Estocolmo), como en ciudades antiguas o modernas, con diseños urbanísticos restringidos y grandes aglomeraciones urbanas: París, Madrid, Berlín, Roma, Bogotá, Lima, Río de Janeiro, El Cairo, Tokio, etc. No solo se tienen que construir líneas de transporte rápido sino espacios de ocio adecuados (teatros, centros comerciales, entre otros)”.

El experto hace énfasis en que “la ingeniería del espacio subterráneo puede respetar perfectamente el medio ambiente, si hay voluntad política para ello y, sobre todo, casi eliminar el impacto visual. Durante las obras puede parecer que la afección será fuerte, pero suele ser solo una visión temporal. Al final, el impacto puede ser pequeño o nulo. Y todo esto puede colaborar con el desarrollo local e internacional, reduciendo costes de transportes y pasando la energía a eléctrica o de biomasa en vez de la de fluidos clásicos”.

Según el entrevistado, los compromisos y desafíos de la Ingeniería con el espacio subterráneo son diversos:

- *Racionalidad en la planificación de las obras a ejecutar, teniendo en cuenta su aportación social, normalmente muy elevada en las obras de transporte subterráneo.*
- *Uso de diseños adecuados al entorno geotécnico local, sin intentar imponer procedimientos generales que se han utilizado en otros lugares.*
- *Realización de estudios del terreno de calidad (siempre falta algo).*
- *Selección de diseñadores y de contratistas adecuados, con experiencia y determinación, sin recurrir a las ofertas más bajas, poniendo por delante su capacidad tecnológica.*
- *No obstante, agrega que “el desafío más importante está en el valor y preparación de los intervinientes, en la honradez clásica de la Ingeniería para enfrentarse a nuevos retos (túneles cada vez mayores y con menores recubrimientos, mayor seguridad en las excavaciones, protección del patrimonio existente).*

El doctor en geotecnia comenta que por supuesto que las innovaciones tecnológicas han impactado en nuevas propuestas de construcciones subterráneas. En 2003–2007 construimos en Madrid dos túneles (By-Pass Sur), con tuneladoras de 16.20 metros de diámetro, para tres carriles de automóviles y una vía de servicio inferior. Esto no podía haberse hecho diez años antes. Ahora ya se están utilizando tuneladoras con cerca de 20 m de diámetro. La experiencia de cada obra

sirve para el desarrollo tecnológico de nuevos prototipos, nuevas mejoras, etc.

## CONCRETO Y OBRA SUBTERRÁNEA

Actualmente existen soluciones precisas sobre el uso del concreto que permitan obras subterráneas más eficientes, de calidad y más duraderas. El uso del concreto también ha ido mejorando. En 1918, cuando se hizo del Metro de Madrid, los mejores concretos tenían resistencias del orden de 12–15 MPa. Hoy, en las dovelas prefabricadas que se usan con las tuneladoras las resistencias características son de unos 60 MPa, ya iniciando el camino a alta resistencia (que se usan en puentes hace años). También se utilizan dovelas de concreto armadas con fibras metálicas y de propileno, eliminando las armaduras clásicas y permitiendo alcanzar mayor resistencia contra el fuego.



## PERSPECTIVAS Y PROYECTOS

A decir del entrevistado, el futuro inmediato empieza a ser algo calmado, dada mi edad. Participo en algunos proyectos fuera de España (Colombia y México) y en obras de patología o especiales (Metro de Málaga) dentro de España. Mi desafío está más en transmitir experiencia y lo que haya podido de reunir de conocimiento con los años. Yo he sido Profesor de Geotecnia toda mi vida (y en los últimos años Catedrático de Ingeniería del Terreno), por lo que he tenido vocación investigadora (he dirigido más de 25 tesis doctorales y todavía dirijo alguna) y docente, que creo, me interesa mucho actualmente.



### ➤ VENTAJAS DE LAS SOLUCIONES SUBTERRÁNEAS:

- *Insertar sistemas de transporte masivo con las pendientes adecuadas y sin originar problemas de afección al ambiente urbano.*
- *Aprovechamiento de espacios disponibles que pueden reservarse, en superficie, parques y actividades de ocio.*
- *Control y seguridad de transporte para vehículos, saneamiento, agua, conducciones eléctricas, etc., que pueden estar separados o, a veces, en forma conjunta.*
- *Aliviar los problemas de transporte en países montañosos, como se está viendo, actualmente, en Colombia, La India, Perú, etc.*
- *Permitir las explotaciones hidráulicas ("saltos" importantes), que están últimamente, volviendo a desarrollarse en varios continentes.*

Sin prisa pero sin pausa es la recomendación para las próximas generaciones y especialistas que intervienen en el espacio subterráneo es formación, formación y más formación. Todo es poco. No hay que tener prisa. Y siempre recordar que un Ingeniero puede estar en diferentes funciones: Planificador, Financiero, Proyectista, etc., pero no debe olvidar que siempre debe ser Ingeniero, con todo lo que ello supone de responsabilidad y humildad", finalizó el doctor Carlos Oteo Mazo. **C**

EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

CONCRETÓN - Octubre 2016



EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y CONCRETO, A.C.



## Fibras de acero para refuerzo de concreto

**Norma Mexicana  
NMX - C - 488- ONNCCE - 2014**

Número

**110**

SECCIÓN  
COLECCIONABLE



# FIBRAS DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO

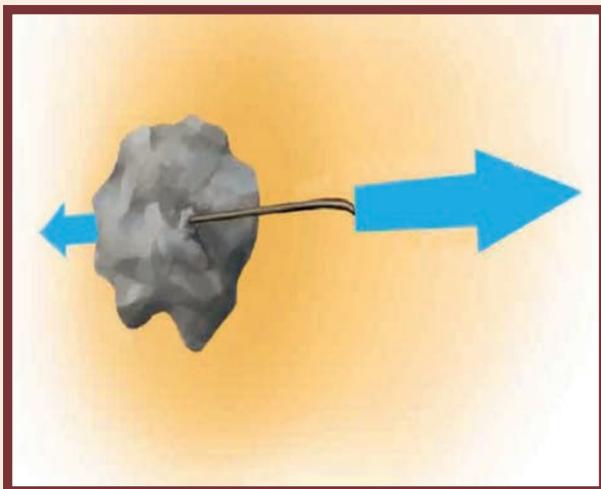
**I**ndustria de la construcción - Agregados - Determinación de la densidad relativa y absorción de agua del agregado fino - Método de ensayo. **NMX - C - 488 - ONNCCE - 2014.**

Building industry - Aggregates - Determination of the relative density and water absorption of fine aggregate - Test method. **NMX - C - 488 - ONNCCE - 2014.**

Usted puede usar la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma. Sin embargo, cabe advertir que esta versión no reemplaza el estudio completo que se haga de la Norma.

## OBJETIVO

Esta norma mexicana establece para las fibras de acero las especificaciones, métodos de ensayo y



dosificación mínima como refuerzo de concreto, que se fabriquen y/o comercialicen en México como fibras nacionales o de importación.

## CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana es aplicable a las fibras de acero para su uso estructural o no estructural como refuerzo del concreto, mortero y pastas empleadas en usos generales en la industria de la construcción, incluyendo concreto lanzado, pisos, pavimentos, elementos prefabricados, colado en sitio y reparación de elementos de concreto.

## DEFINICIONES

Se establecen las siguientes:

- Con base en su aplicación, en estructural o no estructural
- Con base a su origen, en Grupo I (alambres trefilados en frío), Grupo II (láminas de acero cortadas), Grupo III (proceso de la fundición), Grupo IV (corte de acería) y Grupo V (alambre trefilado en frío).
- Con base al grado de acero, en bajo, medio y alto (conforme a la NMX-B-365-CANACERO).
- Con base a tolerancias en la longitud y diámetro, en Clase A y Clase B.

# Comex®

## Industrial Coatings



**Orgullosos de proteger exitosamente la obra de mi cliente**

Secado ultra rápido para estructuras metálicas, sin plomo, contra la corrosión.



**Primario AIP-72  
Pimex®**

**#BienHecho**



[comex.com.mx](http://comex.com.mx)



Atención al consumidor

Ciudad de México y Área Metropolitana: 5864-0790 y 91

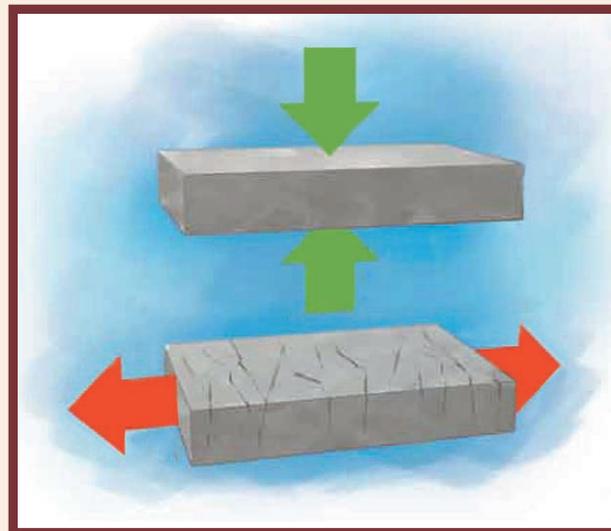
Interior de la República: 01800-712-6639

En el capítulo Especificaciones se establecen la siguientes:

- Dimensiones y tolerancias (longitud y diámetro equivalente)
- Control y tolerancias en la forma
- Características y control del recubrimiento
- Resistencia a la tensión
- Ductilidad
- Módulo de elasticidad para Clase I y II
- Efectos sobre la consistencia de la mezcla
- Efectos sobre el contenido de aire en el concreto
- Instrucciones de adición a la mezcla y las recomendaciones de la secuencia de mezclado
- Efectos sobre la resistencia a flexión del concreto
- Límites en la emisión de sustancias peligrosas

En el capítulo Métodos de ensayo se establecen los siguientes:

- Determinación de la longitud y diámetro equivalente (de acuerdo al tipo de sección transversal de la fibra)
- Determinación de la forma



- Determinación de la cantidad de recubrimiento
- Determinación de la resistencia a la tensión
- Determinación de la ductilidad
- Determinación del módulo de elasticidad
- Determinación del efecto sobre la consistencia de la mezcla
- Determinación sobre la resistencia a la flexión del concreto

En el capítulo Marcado y etiquetado se describe la información que debe acompañar al producto.

### **NORMAS QUE SUSTITUYE**

**Ninguna**

### NOTA:

Tomado de La Norma Mexicana Industria de la construcción - Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la densidad relativa y absorción de agua del agregado fino - Método de ensayo **NMX-C-488-ONNCCE-2014**.

Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx), o al teléfono del ONNCCE 5663 2950, en México, D.F. O bien, en las instalaciones del IMCYC.

## NORMAS DE REFERENCIA

### • **NMX-B-172-CANACERO-2013**

Industria siderúrgica-Métodos de prueba mecánicos para productos de acero (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de abril de 2014).



### • **NMX-B-310-1981**

Métodos de prueba a la tensión para productos de acero (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981).

### • **NMX-B-507-CANACERO-2011**

Industria siderúrgica - Alambre de acero al carbono recubierto de zinc (galvanizado)- Especificaciones y métodos de prueba (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 2011).

### • **NMX-H-014-1984**

Recubrimiento - Zinc - Peso del recubrimiento en. Artículos de acero galvanizado. Método de prueba (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 02 de agosto de 1984).

### • **NMX-C-157-ONNCCE-2006**

Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 2006).

### • **NMX-C-158-ONNCCE-2006**

Industria de la construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 2006).

### • **NMX-C-161-ONNCCE-2013**

Industria de la construcción - Concreto fresco - Muestreo (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 2014).

## PUBLICACIÓN EN DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN

07 de noviembre de 2014. **C**



# Bajo tierra

◀ Por Ana Victoria Barrera Arenas

A continuación te presentamos un breve recuento de las obras subterráneas más impresionantes del mundo.

## 10. Mina El Teniente, Chile.

Es la mina de cobre más grande del mundo. Consiste en ocho pisos por debajo de la superficie, 6,000 kilómetros de túneles subterráneos reforzados con concreto lanzado de los cuales más de 3,000 kilómetros aún están en funcionamiento, 3,000 de galerías. Ha sido productiva desde el periodo prehispánico hasta ahora y cuenta con una producción actual de 400,000 toneladas de cobre fino anual que se procesan en el mismo complejo.

## 9. Bunker subterráneo, Madrid, España.

Es el bunker más grande de España, cuenta con 10,000 m<sup>2</sup> de extensión y está diseñado para soportar el impacto directo de una búnker buster de 2,000 kilos, una de las bombas más potentes. Se compone de un cubo de hormigón armado de tres metros de espesor, con excepción del techo, que tiene nueve metros de grosor recubierto con una capa de cobre para protegerlo contra el pulso electromagnético. En él se puede albergar a 600 personas durante 8 días.

## 8. Red hidroeléctrica subterránea, Brasil.

Como solución al problema de los múltiples apagones y como parte de los preparativos para el mundial de fútbol, Brasil 2014 y los juegos olímpicos, Rio 2016; se construyó la central hidroeléctrica más grande del mundo. Consiste en modificar el curso de 25 km del río Paraíba do sul haciéndolo pasar a través de túneles, canales y embalses que atraviesan siete de las montañas más grandes de Brasil.

## 7. Túnel Hallandsås, Suecia.

Se trata del túnel ferroviario más extenso de Suecia, el cual tomó 20 años terminar de construir. Es un elemento clave de la mejora de la línea de la Costa Oeste de Suecia sustituyendo un tramo de vía única y gradiente empinada por uno de doble vía en más del 80% de su longitud. Se emplea para el transporte de pasajeros y mercancía con las ventajas de que podrán viajar un máximo de 24 trenes por hora a una velocidad de entre 80 a 200 km/h.

## 6. Túnel Trasandino Olmos, Lambayeque, Perú.

Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético de Olmos es una túnel de abastecimiento de agua tiene una longitud de 19.3 km y un sección de perforación de 5.33 m además de coberturas superiores a los 2 km, ya que atraviesa la Cordillera de los Andes. Consiste en el trasvase de las aguas del río Huancabamba de la vertiente del Atlántico a la vertiente del Pacífico a través de un túnel trasandino de 20 km para su aprovechamiento en la irrigación de tierras y la generación hidroenergética.

## 5. Big Dig, Boston, USA.

El Big Dig es la obra de infraestructura y tecnología más desafiante de los Estados Unidos de Norteamérica, el cual, sustituirá a la carretera elevada Central Artery que cruza la ciudad de Boston por un túnel que irá justo debajo, con la finalidad de minimizar embotellamientos de tránsito y disminuir la contaminación del aire. Para su construcción han sido removidos 14.6 millones de metros cúbicos de suelo y se han colocado 3.8 millones de metros cúbicos de concreto lanzado y más de 4,876 metros lineales de muros colados de concreto reforzados con acero.

## 4. El túnel del Canal de la Mancha, Francia-Gran Bretaña.

Este túnel submarino conecta a Francia con la isla de Gran Bretaña atravesando el Canal de la Mancha. Consta de 2 túneles ferroviarios, un túnel central, respiraderos, pasarelas de cruce y cavernas de cruce sumando así un total de 153 km de túnel a 50 km por debajo del canal, lo que requirió 1 millón de toneladas de placas de concreto reforzado con granito. Es una de los túneles submarinos más grandes e impresionantes del mundo.

## 3. Expansión del metro, Nueva York, USA.

Para surtir las necesidades de transporte de los habitantes de Nueva York, se realizó una ampliación de dos estaciones y 18 estaciones del subterráneo, lo que representa 16 km de túnel por debajo de los edificios más importantes de Manhattan. Se realizó una excavación fraccionada a 50 m por debajo del sistema de alcantarillado y una serie de dinamitaciones para favorecer la remoción de la roca, todo sin que en superficie se notara nada.

## 2. Estructura Torre CN, Toronto, Canadá.

Este túnel es el primer enlace ferroviario submarino del mundo que además une Europa con Asia cruzando el Estrecho del Bósforo y tiene una profundidad máxima de 62 metros y 13.6 km de extensión, donde 1.4 km se encuentran sumergidos. Adicionalmente el túnel es capaz de soportar sismos de hasta 9 grados en magnitud, incluso se le denomina "el sitio más seguro de Estambul" en caso de un terremoto.

## 1. Túnel SMART, Kuala Lumpur, Malasia.

De sus siglas en inglés el Túnel SMART "*Stormwater Management and Road Tunnel*" representa una solución dual para los habitantes de Kuala Lumpur debido a que en tiempos de tormenta los ríos crecen al grado de inundar la ciudad, consta de 9.5 km de diámetro y está a 30 m de profundidad. Está diseñado para que en él pueda desalojarse de manera segura toda el agua desbordada hacia un embalse al sur de la ciudad y cuando por el túnel no corra agua va a servir de vialidad contando con dos carriles uno sobre el otro **C**

El gris es el mejor lienzo  
para concretar las ideas  
**más innovadoras.**



Publicidad innovadora  
para la industria del  
concreto y la construcción.

**Asterisco HC** Contáctanos:

5531-2782 / 4336-0791 / 4336-0273 [gpratt@asterisco.mx](mailto:gpratt@asterisco.mx) [www.asterisco.mx](http://www.asterisco.mx)



## Javier Senosiain: una arquitectura sin rectas

**E**l arquitecto Javier Senosiain cree que las casas semienterradas que ha hecho, como la Nautilus, cubiertas con césped y árboles, y construidas con la técnica del ferrocemento, un material compuesto de concreto y mallas de alambre de poco peso y gran resistencia y flexibilidad, son muy seguras en caso de sismos. Además, mantienen constantes la temperatura y la humedad todo el año. La vivienda puede aislarse, e inclusive produce oxígeno que rechaza la contaminación.

El primero en utilizar ferrocemento fue Joseph Louis Lambot, quien construyó un bote con este material, debido a la flexibilidad y excepcional resistencia. Como se sabe, el ferrocemento se aplicó con denuedo para la construcción de pequeñas embarcaciones (por cierto, destacan en esta industria Tailandia, la India y Estados Unidos, donde se ubica la North American Ferrocement Marine Association). Sin embargo, en el ámbito de la construcción el gran arquitecto italiano Pier Luigi Nervi fue quien lo empleó en los años 40 para la cubierta del Gran Salón para la Exposición de Turín. El sistema constructivo del ferrocemento consiste básicamente en la colocación de una serie de capas de tela metálica de diferentes tipos y varillas o barras de acero de distintos diámetros que se recubren con concreto. Estas estructuras o mallas metálicas se tejen o arman de tal modo que tengan la forma de la cubierta o estructura a construir, lo que permite obtener formas muy complejas.

Con el ferrocemento, como lo han hecho Félix Candela (Iglesia de la Virgen de la Medalla Milagrosa), Claudio Caveri (la Iglesia de Fátima, en Argentina) y el propio Senosiain, se pueden construir elementos prefabricados, tanto para proyectos de vivienda como para estructuras en muelles y puertos, inclusive flotantes o submarinas. Además de cualquier clase de elementos decorativos, muebles y esculturas. Entre sus ventajas, sobresalen que es impermeable e ideal para la construcción de cubiertas, además de que es excelente como aislante del ruido.

Por otro lado, Senosiain, innovador y original arquitecto presenta en el Palacio de Bellas Artes una muestra retrospectiva integrada por 38 proyectos con planos, fotografías, videos y 45 maquetas (del Nido de Quetzalcóatl, El Tiburón, Nautilus, Ballena Mexicana, Conjunto Satélite, entre otras) y plasma más de 40 años de trayectoria influida por la colorida obra de grandes genios como Frank Lloyd Wright, Hundertwasser y Antoni Gaudí. Senosiain, egresado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM en 1972, hace un homenaje y propone una larga reflexión sobre las propiedades estéticas de la línea curva y asegura que la arquitectura orgánica puede ser la del futuro, pues tiene muchas ventajas, "sobre todo ecológicas ya que trata de integrarse siempre a la naturaleza". Destacó que le gustaría mucho que así fuera, porque se habla mucho de que el mañana se refiere cada vez más a la ecología, y ya hay mucha conciencia y una firme tendencia hacia este tipo de proyectos. En ese sentido, su trabajo con materiales como el ferrocemento lo ha llevado a trazar sus casas habitación con una fluidez extraordinaria, creando espacios que él compara con las cuevas e inclusive con el útero, con interiores orgánicos, todo en formas redondeadas, como en un largo abrazo.

Sus obras más destacadas son: la Ciudad verde, Casa Amiba, Parque Quetzalcóatl, El León de Moctezuma, Oasis productivo y El tiburón. "La misión de la arquitectura es que debe estar en contacto con la naturaleza, no debe afectarla ni agredirla. Muchas de mis obras las he realizado bajo la tierra, la cual es un magnífico aislante acústico y térmico", concluyó. **C**

### Fuentes:

- <http://www.20minutos.com.mx/noticia/133411/0/javier-senosiain-inaugura-muestra-en-museo-nacional-de-arquitectura/#xtor=AD-1&xts=513356>
- <http://mx.blastingnews.com/ocio-cultura/2016/09/la-arquitectura-organica-de-javier-senosiain-llega-al-palacio-de-bellas-artes-001088913.html>
- [http://noticias.arq.com.mx/Detalles/9204.html#V\\_Qwhyj6oks](http://noticias.arq.com.mx/Detalles/9204.html#V_Qwhyj6oks)

## Índice de anunciantes

IMCYC	2º DE FORROS
CONCRETO FORTALEZA S.A. DE C.V.	3º DE FORROS
IMPERQUIMIA S.A. DE C.V.	4º DE FORROS
HENKEL CAPITAL S.A. DE C.V.	1
CEMENTOS MOCTEZUMA S.A. de C.V.	3
BASF MEXICANA S.A. DE C.V.	7
GRUPO CEMENTOS DE CHIHUAHUA S.A.B. de C.V.	11
WITECH, SUMINISTROS MINEROS E INDUSTRIALES DEL SUR	19
CEMEX S.A.B DE C.V.	26
SIKA MEXICANA S.A. de C.V.	29
EQUIPO DE ENSAYE CONTROLS S.A. DE C.V.	32-33
SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL, A.C.	37
FORD MOTORS COMPANY S.A. de C.V.	39
W. R GRACE HOLDINGS S.A. DE C.V.	43
DISTRIBUIDOR KROMA S.A. DE C.V.	51
ASTERISCO HEALTHCARE COMMUNICATIONS	55

### Si desea anunciarse en la revista, contactar con:

- **Verónica Andrade Lechuga**  
(55) 5322 5742  
vandrade@imcyc.com
- **Lic. Adriana Villeda**  
(55) 5322 5751  
avilleda@imcyc.com
- **Lic. Carlos Hernández**  
(55) 5322 5752  
chernandez@imcyc.com



/Cyt imcyc



@Cement\_concrete



buzon@mail.imcyc.com.



# CONCRETOS FORTALEZA



La División Concretos de Fortaleza cuenta con 4 plantas de concreto, tres ubicadas en La Ciudad de México y una en el Proyecto Tula 3000.

La capacidad instalada es de 40,000 m<sup>3</sup> mensuales; sin embargo, la capacidad de suministro es del orden de los 25,000 m<sup>3</sup>. Cuenta con una flota moderna de 45 camiones, todos equipados con GPS y conectados al despacho central para tener una mayor eficiencia en el servicio al cliente; además, los camiones tienen una serie de equipamientos que lo hacen amigable con la sociedad otorgando un margen de seguridad a ciclistas, motociclistas y automovilistas en general.

La empresa se distingue por contar con tecnología de punta, un solo punto de atención al cliente, próximamente el cliente podrá monitorear sus pedidos y suministro de concreto a través de una app desde su teléfono, incluso hasta fincar sus pedidos desde esta herramienta.



**Concretos Fortaleza** no solo se enfoca en cuidar la atención al cliente, es amigable con el medio ambiente desde la fabricación del concreto hasta cuidar los recorridos a obra lo que redundará en un menor consumo de combustible y menor emisión de contaminantes.

Actualmente cuenta con una plantilla de 65 personas, el volumen per cápita es por encima a los 3500 m<sup>3</sup>.

**Concretos Fortaleza** inició operaciones el 1 de octubre del 2014 bajo la dirección de Pedro Mora quien cuenta con un equipo humano, fortalecido y comprometido con el crecimiento de la empresa.

Con el firme compromiso que tiene **Elementia** con el mercado, se tiene proyectado la expansión de concretos con dos plantas más y cerrar el año 2016 con un total de 6 plantas ubicadas estratégicamente para satisfacer la demanda de sus clientes, lo que implica mayor adquisición de equipos, infraestructura y por supuesto, el crecimiento profesional para nuestra gente. Todo lo anterior, con el objetivo de fortalecer la relación con nuestros clientes y apoyar el crecimiento de **Cementos Fortaleza**.



¡De esto estamos hechos!



**IMPERQUIMIA®**  
*participando en las obras  
 trascendentes de México.*

# GROUTQUIM® EPOXI CF

Mortero epóxico con  $f'c$  final de  $1000 \text{ kg/cm}^2$  que puede ponerse en uso a las 2 horas de aplicado.

- » Es fluido.
- » Libre de contracciones.
- » Coeficiente de flexión  $240 \text{ kgf/cm}^2$ .

Usado para la **renivelación de curvas** en el metro de CDMX.

*Productos para concreto.*