AMITOS

OBRAS SUBTERRÁNEAS

Año I · No. 2 www.amitos.org Julio-septiembre 2013

Los túneles de Guanajuato
Cincuenta años de vialidades subterráneas

Humboldt en Guanajuato

Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente
Medio siglo más de vida a un coloso chileno

Agenda
Noticias

Seguridad en túneles: una visión general

semblanza de:
Ing. Luis González Sicilia Cotter

ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA DE TÚNELES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, A.C.
XIV Consejo de Directores

Editorial

El pasado 3 de julio, los socios de AMITOS y varios invitados nos reunimos para celebrar el trigésimo aniversario de la fundación de nuestra Asociación. El evento fue planeado para proyectar una mirada retrospectiva que nos permitiera reflexionar sobre estas tres décadas de trayectoria, así como para hacer un análisis prospectivo, el cual anticipa un futuro promisorio, pleno de actividades y retos que se perfilan para el sector y para nuestro país.

A lo largo de tres décadas, nuestro gremio ha sido testigo y partícipe de los grandes avances en el conocimiento y la tecnología de los túneles y de las obras subterráneas. En los últimos años, la evolución tecnológica y la aplicación de la ingeniería han ampliado su alcance. Hoy, estas disciplinas se han consolidado como una auténtica industria, dotadas de recursos y medios que les permiten librar de manera eficiente, segura y hasta cierto punto económica los obstáculos y dificultades que impone la naturaleza, dotando a este sector de mayor eficacia y productividad.

En la actualidad contamos con programas informáticos que hacen posible desarrollar modelos matemáticos cada vez más confiables y precisos para modelar con un mayor grado de precisión; en la obra se dispone de maquinaria y sistemas constructivos —de gran versatilidad y eficiencia— para la estabilización y sostenimiento del terreno, que han expandido a profundidad la aplicabilidad de la ingeniería de túneles y otras obras subterráneas.

El uso generalizado de estos recursos geotécnicos y tecnológicos ha permitido la ejecución segura y rentable de construcciones subterráneas en las más diversas configuraciones geológicas. Actualmente es posible construir túneles en subsuelos en los que antes era inimaginable y aun por debajo de los niveles del agua subterránea.

Estamos seguros de que a través de la lectura de esta revista, que busca difundir las obras subterráneas y darlas a conocer más ampliamente, encontrarán una fuente de conocimientos técnicos y aplicaciones constructivas de un sector sumamente relevante para el desarrollo de México y de nuestra profesión.

M. en I. José Francisco Suárez Fino
Director Ejecutivo, XIV Consejo de Directores

OBRAS SUBTERRÁNEAS

Año I, No. 2
Julio-septiembre 2013

Túnel El Cuajín
Cortesía de Comunicación Social
Secretaría de Obra Pública
Gobierno del Estado de Guanajuato

Índice

Semblanza
Ing. Luis González Sicilia Cotter 2

Artículos
Los túneles de Guanajuato
Cincuenta años de vialidades subterráneas 4

Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente
Medio siglo más de vida a un coloso chileno 12

Seguridad en túneles: una visión general 22

Agenda 28

Actividades
Celebramos nuestro Trigésimo Aniversario 32

AMITOS, presente en el ITA World Tunnelling Congress 2013 34

Curso de túneles en Manzanillo, Colima 36

Reflexión 38

Noticias 42

Derechos de autor y conexos

OBRAS SUBTERRÁNEAS, Año 1, No. 2, julio – septiembre 2013, es una publicación trimestral editada por la Asociación Mexicana de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas, A. C., Camino a Santa Teresa 187, Col. Parques del Pedregal, Delegación Tlalpan, C.P. 14010, México, D.F., Tel. 52 (55) 5528 3611. AMITOS amitos@amitos.org .
Editor responsable: José Francisco Suárez Fino. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04 – 2013 – 091312370100 - 102; ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido No. en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Ideas Xantusii, S.C., Río Nilo 64 – 303, Col. Cuauhtémoc, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06500, México, D.F. Este número se terminó de imprimir el 27 de septiembre de 2013 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización fehaciente de la Asociación Mexicana de Túneles y Obras Subterráneas, A. C.

Asociación Mexicana de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas, A. C.
Camino a Santa Teresa 187, Col. Parques del Pedregal, 14010, México, D. F. • www.amitos.org • amitos@amitos.org
La redacción y el contenido de los artículos son responsabilidad de los autores.

Orgullosamente AMITOS

Ing. Luis González Sicilia Cotter

Asociado, Fundador de AMITOS

La trayectoria del Ing. Luis González Sicilia Cotter es testimonio de una vida profesional dedicada a la construcción de túneles y otras obras subterráneas. En su haber cuenta la construcción de lumbreras para el Emisor Central; túneles ferroviarios como El Mexicano —el más largo, en su tipo, de la República—, además de numerosos túneles mineros, hidráulicos y carreteros. Esta amplia experiencia hace que el Ing. González Sicilia sea —hoy día— uno de los grandes conocedores del subsuelo mexicano y de la diversidad de técnicas empleadas en este tipo de obras.

El Ing. González Sicilia cursó estudios de Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el lapso 1963-1968, al término del cual obtuvo el título de Ingeniero Civil.

Al tiempo que estudiaba su licenciatura, fue Superintendente en la modernización y adecuación del Estadio Olímpico “México 68” con la empresa CUMSA. En ICA, fue Superintendente de Construcción en la estación Pino Suárez del Metro de la Ciudad de México.

Cuando laboraba en Túnel, S.A. de C.V., fue Superintendente de Construcción de túneles en las lumbreras 7, 8 y 0 del Emisor Central y, para la empresa COVISA, fue Superintendente de los túneles de Barrientos-Chalma y de las plantas de almacenamiento y cárcamos de bombeo, obras que se realizaron para la Comisión de Aguas del Valle de México.

Fue socio fundador de la empresa COTRISA, donde participó en la construcción de varios túneles de la línea de ferrocarril Coróndiro-Lázaro Cárdenas, ejecutados para Vías Férreas de la SCT. Como Director Técnico de la Constructora General del Norte, continuó participando en la construcción de túneles del ferrocarril Coróndiro-Lázaro Cárdenas. Uno de ellos, “El Mexicano”, con 3 km de longitud entre los estados de Puebla y Veracruz, es el túnel ferroviario más largo de la República Mexicana.

En el área minera participó en la construcción de los túneles inclinados de las minas de carbón, plataformas subterráneas y lumbreras de MICARE, en Piedras Negras, Coahuila, así como en la construcción de tiros verticales de ventilación para las minas de carbón de Altos Hornos de México. Otras realizaciones interesantes fueron la construcción de los túneles falsos de la vía de ferrocarril México-Querétaro y varios túneles del “Ramal Norte” del Sistema Cutzamala, para la Comisión de Aguas del Valle de México.

El Ing. González Sicilia pasó a ocupar el cargo de Director Técnico de la Empresa Triturados Basálticos, S.A. de C.V., y desde 1982 es Director General de la Empresa Obras Especializadas de México, S.A. de C.V, donde asumió la responsabilidad de construir el túnel Agua Escondida, en Valle de Bravo, para la Comisión de Aguas del Valle de México, y de reconstruir un túnel en Temoris del ferrocarril Chihuahua-Pacífico para FERROMEX.

Desde 1982, la empresa de la que es Director General realiza diversos trabajos en varios estados de la República, como Veracruz y el Estado de México, para Caminos y Puentes Federales de Ingresos. Los trabajos van desde el hincado de pilotes hasta la construcción de túneles y vialidades en cruces carreteros. Desde 1987 construye también obras marítimas. •

Los túneles de Guanajuato

Cincuenta años de vialidades subterráneas

El Cuajín, túnel de 1.6 kilómetros de San Agustín a Embajadoras.

Túnel Ing. Ponciano Aguilar.

Pocas ciudades superan a Guanajuato como ejemplo de urbe cuyo destino ha sido dictado por la geología. En ese aspecto, el de Guanajuato se trazó hace millones de años, cuando la formación de las montañas y las fallas normales del subsuelo configuraron el sistema de vetas metalíferas de la región.

Puede decirse que Guanajuato surgió como centro minero en 1548. Ese año, según narra la historia, al descansar a la vera del camino y darse cuenta que las piedras colocadas alrededor de la fogata contenían plata, un grupo de arrieros descubrió la Veta de la Luz, una de las tres líneas de mineralización que corren por la sierra con orientación noroeste-sureste. Las otras dos líneas —casi paralelas con la anterior— son la Veta Madre y la Veta de la Sierra.

Este suceso marcó el inicio de la vocación minera que impulsó el desarrollo de la región, pero la verdadera fuente de su riqueza fue descubierta en 1550 por el arriero Juan Rayas, quien encontró el crestón de la Veta Madre, que produce casi la cuarta parte de toda la plata mexicana y la sexta parte de la producida por toda América[1].

En poco tiempo la zona, cuyo nombre deriva del vocablo purépecha *Quanaxhuato*, "lugar montañoso de ranas", empezó a poblarse. A partir de una primera ranchería ubicada donde hoy se encuentra el panteón de la ciudad[2], el asentamiento creció hasta alcanzar la estatura de pueblo en 1554.

Riqueza e inundaciones

Impulsada por la minería, la población creció a pesar de su incómoda ubicación al fondo de una sinuosa y profunda cañada. Se extendió a lo largo del cauce del río del mismo nombre, en vecindad con caudales provenientes de otras dos cañadas que hoy se localizan al oriente de la ciudad. Alfonso Alcocer, Director del Museo del Siglo XIX de Guanajuato, comenta que al confluir sus escurrimientos, anegaban al pueblo periódicamente.

Sin embargo, debido a la riqueza de su subsuelo la ciudad era reconstruida una y otra vez, para aflorar siempre con una magnificencia arquitectónica que daba cuenta de la abundancia mineral subyacente. En 1741 recibió de la corona española el título de "Ciudad de Santa Fe y Real de Minas de Guanajuato", denominación que le hacía justicia, ya que en el siglo XVIII era la principal productora de plata del mundo y su mina la Valenciana ayudó en buena medida a mantener al Imperio Español y sus colonias.

Con el fin de controlar las inundaciones, en 1883 dio inicio la construcción de El Cuajín, el primero de los túneles destinados a controlar el flujo de las aguas. Con 1,162 m de longitud y un diámetro de 7 m, iniciaba en la Hacienda de San Agustín (hoy Mercado de Embajadoras) y concluía detrás de la presa Pozuelos.

De acuerdo con el cronista oficial de la ciudad, el historiador Isauro Rionda, cuando finalmente concluyó la obra en 1908, se hizo una gran fiesta entre la población[3], que tenía aún muy presente la gran inundación que había sufrido la ciudad tres años antes, cuyos niveles máximos todavía son visibles en muchos lugares.

Legado histórico y modernización

Guanajuato pudo superar una y otra vez las dificultades que presentaba la desigual geología que le impidió crecer en un esquema reticular. Supo también sortear los cambios económicos y adaptar a ellos su infraestructura.

El Dr. Manuel Sánchez, catedrático de la Universidad de Guanajuato, identifica cuatro momentos clave en la modernización de la ciudad a partir de la década de los años

50, cuando el decremento en la producción minera obligó a la población a dedicarse a nuevas actividades. Primero, la promoción de la ciudad, en los años 60, como lugar turístico de gran valor. Segundo, cuando los poderes del Estado se concentraron en el centro histórico. Tercero, el impulso que recibió como centro universitario, lo que obligó a atender a miles de universitarios que reclamaban servicios y hospedaje. Finalmente, el sello cultural que le otorgó el Festival Internacional Cervantino en la década de los 70 y, en los 80, el decreto presidencial que declaró una Zona de Monumentos Históricos en la ciudad. Adicionalmente tuvo lugar su incorporación a la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Todos estos eventos aceleraron el proceso de transformación... e incrementaron el tráfico vehicular.

Por ello, al existir entonces tan solo un par de calles por donde circular, se volvió muy complicado ingresar o salir del centro histórico, que es donde se realizan la mayor parte de las actividades comerciales, político-administrativas, recreativas, turísticas, educativas, sociales y culturales. El aumento del flujo vehicular, constreñido por los inmuebles edificados a lo largo de su rica historia —iglesias de la época Colonial, museos, la que fuera casa de Diego Rivera, la Alhóndiga de Granaditas, entre otros— requería construir con urgencia túneles que desahogaran el tráfico, como antes habían servido para desalojar las aguas.

Los túneles cambian de función

"El proceso de modernización de Guanajuato coincide con la construcción de la primera red vial subterránea —señala el Dr. Sánchez—. Sin embargo, las condiciones topográficas de la ciudad no facilitaban el diseño de vialidades rectilíneas y planas; mucho menos permitían la ampliación de los estrechos callejones del centro histórico, a no ser que resultara a costa de la demolición del valioso patrimonio".

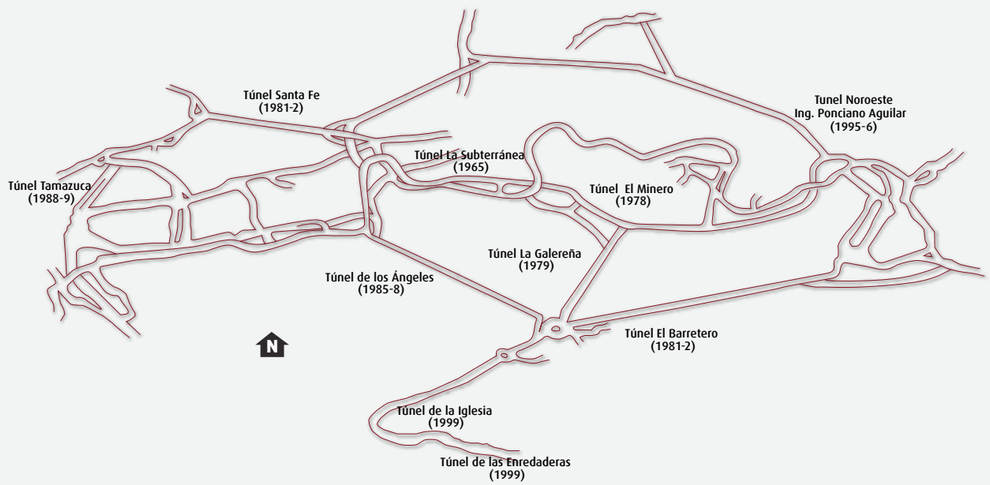
Estas limitaciones obligaron a canalizar el flujo vehicular por debajo del corazón mismo de la ciudad histórica, a través de los túneles construidos hace muchos años por los propios mineros con técnicas tradicionales. El lecho natural del río, que cruzaba la ciudad colonial y que siglos después funcionó como el drenaje principal, se había visto disminuido por la basura y demás productos de deshecho, como residuos minerales de las haciendas de beneficio. "El río se convirtió en una caja abierta custodiada por inmensos muros de piedra, donde se echaba lo inservible", narra el Dr. Sánchez. En estas condiciones, el canal fue embovedado poco a poco, hasta alcanzar su aspecto actual.

En la década de los 50, sus pestilentes aguas fueron entubadas y cubiertas con pavimento, dando origen a la calle Padre Belaunzarán (1951), varios metros abajo del nivel de la ciudad. Éste fue el origen del espacio subterráneo destinado a la circulación vial, que posteriormente se extendió con la calle Miguel Hidalgo, mejor conocida como La Subterránea.

Medio siglo de La Subterránea

En septiembre de este año se cumple medio siglo del inicio de la urbanización del cauce del río de Guanajuato, ahora la calle Miguel Hidalgo. Los trabajos iniciaron el 9 de septiembre de 1963 e incluyeron la colocación de adoquines, guarniciones y banquetas en los 2,870 metros de longitud que tiene esta vialidad subterránea. También incluyen —desde el antiguo cuartel de San Pedro hasta más allá del jardín El Cantador— 127 arcos que sostienen puentes públicos y privados; 10 accesos peatonales; rampas para entrada y salida de vehículos; 220 metros de barandal de hierro y 350 fuentes de luz[4]. Estos trabajos —además de mejorar considerablemente el servicio de alcantarillado— permitieron convertir el lecho del río en una avenida que es hoy uno de los principales atractivos de la ciudad.

En la década de los 70, una serie de túneles complementarios comenzó a integrar una compleja red de avenidas subterráneas de distintas pendientes y longitudes —desde unos cuantos metros a varios kilómetros—, orientadas primero hacia la zona suroeste de la ciudad y después hacia todos los rumbos. El Túnel del Minero (1979) fue construido con la finalidad



Los asentamientos mineros de la época colonial —hoy los pueblos conocidos como Cata, Mellado y Valenciana— se ubicaron sobre la Veta Madre, hacia el norte de la ciudad histórica. Por su parte, la vivienda popular se ha asentado sobre pronunciadas pendientes, antes sitio de las antiguas haciendas de beneficio. Espacios industriales se establecieron a lo largo del lecho, siguiendo la traza del río. En la parte baja se consolida el Centro Histórico de Guanajuato, donde se concentran la mayoría de las edificaciones patrimoniales construidas a partir del siglo XVI.

de dar paso tanto a automóviles como a peatones, al corazón del centro histórico. Con una longitud de 300 metros, se ubica en la curva final de la calle Los Desterrados, que a través de una bifurcación conduce a la Plaza de la Constancia, a espaldas del Teatro Juárez. Ante la necesidad de conectar esta vialidad con el nuevo Conjunto Administrativo Pozuelos, que surgió con la descentralización administrativa, se construyó La Galereña (1979), un nuevo tramo de túnel de 900 metros, a fin de desahogar el tránsito vehicular del centro hacia las afueras de la ciudad.

Tres años después, en 1982, se inauguró el túnel conocido como Juan Valle (su nombre oficial es Santa Fe de Guanajuato), para conectar el centro de la ciudad con el barrio de San Luisito y la mina de Cata, al norte. Poco tiempo después apareció un nuevo túnel en la traza, El Barretero, continuando así con la política urbanística de implementar una amplia red subterránea. Este nuevo acceso a la ciudad histórica parte del conjunto administrativo que inicia en Pozuelos y termina en Embajadoras.

En septiembre de 1985 iniciaron los trabajos de perforación del túnel Los Ángeles, construido por los mineros guanajuatenses de la Cooperativa Minero-Metalúrgica Santa Fe de Guanajuato. Con la finalidad de entroncar el centro de la ciudad con la periferia sur, desaloja el tránsito vehicular de la calle Juárez —y de la propia calle Miguel Hidalgo— y lleva el tráfico hacia Embajadoras, triangulando estos puntos y evitando el largo tramo hasta el Paseo Madero.

Así, en 1988 se construyó el túnel subterráneo Tamazuca, que comunica la calle del mismo nombre con la avenida de la Alhóndiga de Granaditas. Al año siguiente se abrió un túnel paralelo a éste, pero en sentido opuesto.

La construcción de túneles continuó siendo uno de los principales intereses de los administradores de la ciudad, consolidándose con la construcción en 1996 del túnel Ponciano Aguilar —nombrado así en honor del ingeniero que había estado a cargo de El Cuajín—, considerado la vialidad subterránea más importante de los últimos tiempos. Con apenas unos años de actividad, es una de las vialidades de mayor amplitud, en las que se invirtió mayor trabajo y presupuesto. Inicia en la calle Belaunzarán y cuenta con ramales hacia la Alameda y la Calzada de Guadalupe; conecta al Túnel Santa Fe con el callejón de Perros Muertos y concluye con otros dos ramales, uno hacia la Escuela Preparatoria Oficial y otro, más reciente, a la Subterránea Miguel Hidalgo.

Hoy los túneles ya no son exclusivos del centro histórico, al propiciar la expansión de la ciudad. En diciembre de 1997 inició la construcción de un nuevo acceso a la ciudad en dirección Sur-Norte, conocido como Distribuidor Vial, con casi 3.5 km de longitud. Inicia en la carretera Guanajuato-Marfil y conecta con la carretera que va a Juventino Rosas. A lo largo de esta nueva vialidad se construyeron dos nuevos túneles en 1999: el Túnel de las Enredaderas y el Túnel de la Iglesia.

Las obras en la periferia de la ciudad se suman al catálogo de túneles de Guanajuato y constituyen la antesala de la red subterránea. Su construcción ha desafiado la topografía montañosa y ha detonado la expansión de la ciudad hacia Juventino Rosas.

Hoy, por el centro de la ciudad circulan cotidianamente, de manera lenta y caótica, cerca de 30,000 mil vehículos, cifra que aumenta año con año. Más de dos mil vehículos se estacionan en las calles y en los estacionamientos de paga aparcan dos mil más. Parece que, a medio siglo de que iniciara la construcción de la red subterránea, Guanajuato se encuentra lista para buscar otras soluciones a sus problemas vehiculares. •

Fotografías:
Cortesía de Comunicación Social
Secretaría de Obra Pública
Gobierno del Estado de Guanajuato

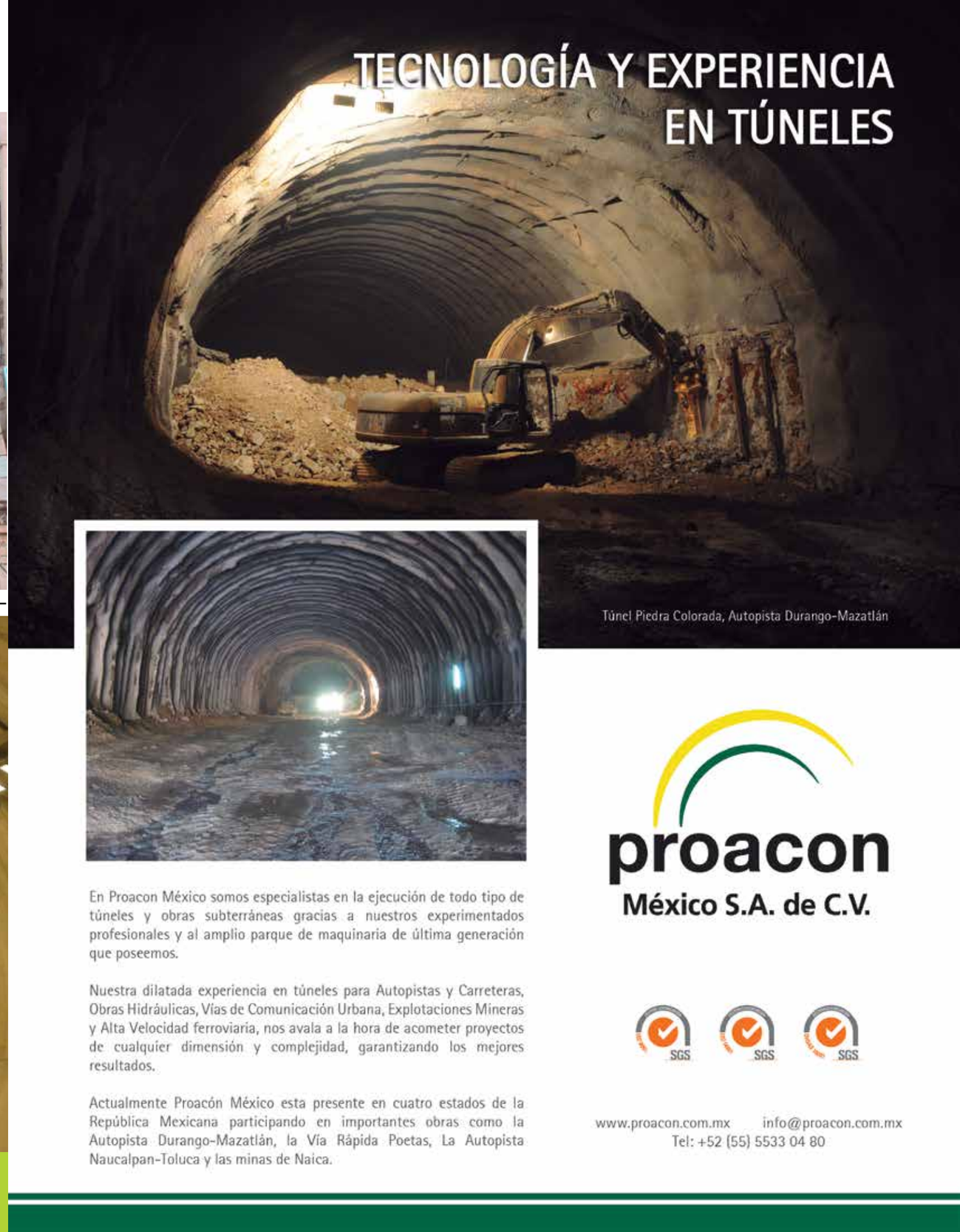
[1] Canudas Sandoval, Enrique. *"Las venas de plata en la historia de México: síntesis de historia económica, siglo XIX"*. Villahermosa (Tabasco). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México, D.F. Utopía, 2005.

[2] Servicio Geológico Mexicano (SGM). *"Panorama Minero del estado de Guanajuato"*. Septiembre 2011.

[3] Miranda, Miguel. "El oscuro encanto de los túneles", en *El Sol de León*, 10 de octubre de 2011.

[4] Núñez, Eréndira. "50 años de calle subterránea", en *El Sol de León*, 28 de enero de 2013.

Agradecemos al Dr. Manuel Sánchez Martínez su valiosa cronología de las obras guanajuatenses asentada en su trabajo *La modernidad de la ciudad de Guanajuato a través de sus túneles.*



Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente

Medio siglo más de vida a un coloso chileno

SOLETANCHE BACHY, Chile.

Enclavada en la cordillera de Los Andes, a 2,300 m sobre el nivel del mar, se encuentra El Teniente, la mina subterránea de cobre más grande del mundo, formada por una red de más de 3,000 km de túneles. Aunque representa el mayor yacimiento subterráneo de cobre del planeta —alberga cerca del nueve por ciento de las reservas mundiales—, los sectores actuales de extracción se encuentran en su etapa final de desarrollo.

Este hecho obligaría a la que es hoy día la principal productora de este metal a cerrar operaciones en 2027. Sin embargo, importantes inversiones y modernizaciones de las minas Chuquicamata, Andina y el proyecto Nuevo Nivel Mina (NNM) darán medio siglo más de vida a este coloso (ver Figura 1) administrado por Corporación Nacional del Cobre de Chile (Codelco), empresa autónoma del Estado chileno.

Asimismo, gracias a los avances tecnológicos empleados en sus operaciones, NNM mantendrá a El Teniente como líder y pionero a nivel mundial tanto en el aspecto productivo como en lo que se refiere a estándares de seguridad y competitividad en minería subterránea.

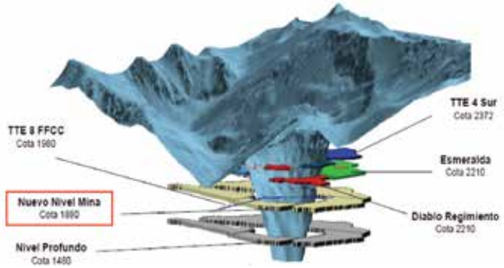


Figura 1. Corte transversal proyecto Nuevo Nivel Mina, que busca construir un nuevo nivel de explotación 300 m abajo del actual.

La mina El Teniente está ubicada bajo el cerro del mismo nombre, en la comuna de Machalí, Región de O'Higgins. Se localiza aproximadamente 120 km al sur de Santiago y 47 km al nororiente de la ciudad de Rancagua.

Las labores de construcción de este último proyecto, que en su período de mayor actividad requerirán de aproximadamente 1,000 trabajadores en distintos frentes y departamentos, comenzaron en el primer semestre de 2011 y se estima que las operaciones de extracción del mineral inicien en 2017. De esta manera la mina, que empezó a ser explotada en 1905, podrá seguir tratando cerca de 130,000 t por día, equivalente a más de 430,000 t de cobre fino anual de producción.

Alcance de los trabajos

La excavación de los dos túneles principales de acceso al yacimiento —obras que representan el mayor contrato de este proyecto, cuya inversión inicial se calcula en US$1,615 millones durante los siete años que durará su etapa de construcción— corre a cargo de Constructora de Túneles Mineros S.A. (CTM), consorcio formado ex profeso para esta obra por Vinci Construction Grands Projets y Soletanche-Bachy, empresas francesas expertas en la construcción de túneles.

El contrato incluye el diseño y construcción de los túneles, centrando la ejecución en la seguridad y la calidad. Éste se distingue, sobre todo, por ser colaborativo; es decir, implica una estrecha relación entre el cliente y el contratista en la búsqueda de mejoras, de forma que se reduzcan en lo posible los plazos y los costos de los túneles (al cierre de esta edición se llevaba un 30% de avance en los trabajos de excavación).

Adicionalmente, por la compleja geología del sitio, el diseño considera la excavación previa de dos adits o ventanas (llamados adit P500 y adit P4600) que añaden cerca de 6 km al total de túneles a construir. Estos permitirán tener unas galerías de reconocimiento previas a los túneles de sección mucho más importantes, adelantar las medidas necesarias y reducir los plazos de ejecución, además de que al concluir los trabajos

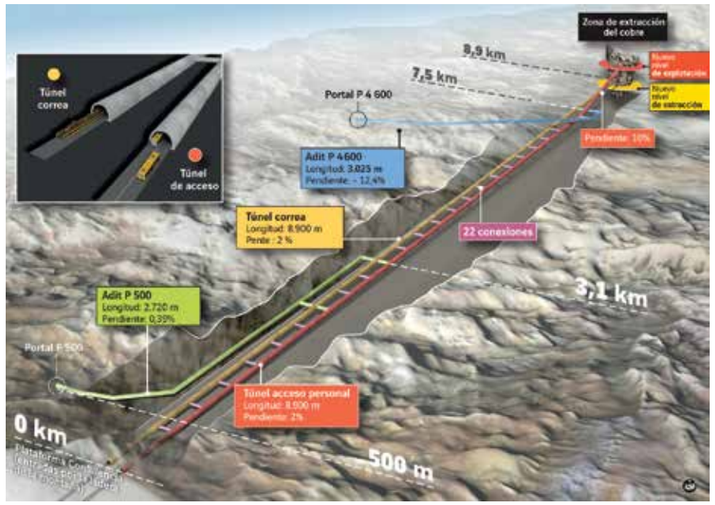


Figura 2: Los túneles, que avanzan a un ritmo de más de 200 m mensuales, correrán por debajo de la cota del río Coya, para llegar al sector llamado Confluencia.

Se han identificado las condiciones y riesgos geológicos.

se convertirán en sistemas de ventilación, así como en vías de acceso en caso de ocurrir algún evento de emergencia.

Túneles estratégicos

Debido a que llegarán directamente al corazón del nuevo nivel de explotación de El Teniente, los túneles paralelos —de 9 km de largo cada uno— transformarán el funcionamiento de la mina en cuanto a la logística, cambios de turno y traslados, al reducir tiempos, incrementar la seguridad y contribuir a la productividad general de la operación.

Con una vida útil proyectada de 60 años, ambos proveerán acceso al yacimiento, aunque cumplirán funciones distintas (ver Figura 3). Uno será para la entrada y salida del personal; el otro, que albergará una correa transportadora de mineral, tendrá como objetivo principal el desplazamiento de los materiales triturados, aunque también servirá de plataforma de servicios, drenaje y vía alternativa en caso de emergencia.

Cada 300 m los túneles contarán con una conexión peatonal y cada 1.5 km habrá un punto de interconexión vehicular. En la mayor parte de su longitud presentarán un 2% de pendiente.

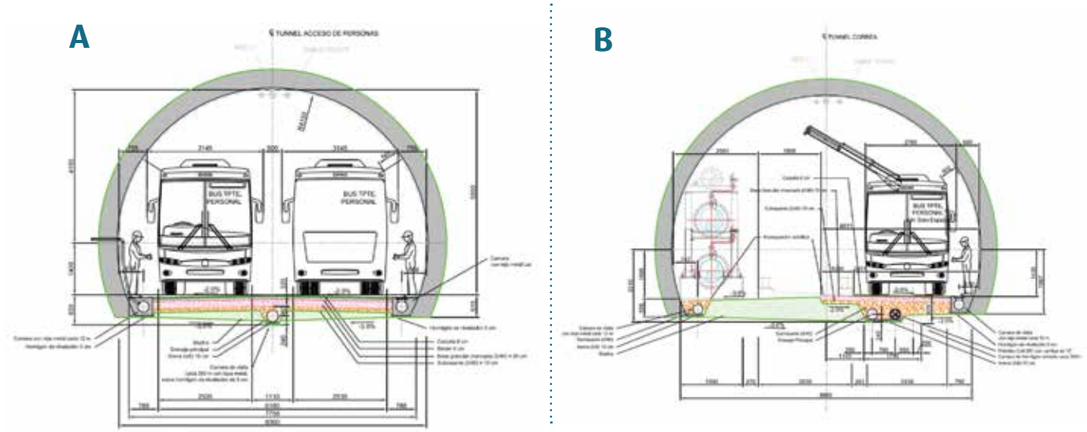


Figura 3: A) Túnel de Acceso: 8.883 m, 54 m² de sección; B)Túnel Correa: 8.897 m, 66 m² de sección.

Condiciones geológicas

La roca (ver Figura 4) a lo largo del trazo de los túneles presenta cinco ambientes distintos que requieren adecuar el tipo de perforación a cada condición particular:

- para las perforaciones de tronadura Top Hammer (jumbo) en roca buena sin agua;
- para el reconocimiento al avance: Wassara (martillo de agua) para drenajes adicionales o sobrelape; Diamantina en roca y fallas.

Algunos de los riesgos identificados han sido caídas y chispeo de rocas, inestabilidad del frente, falla frágil, alta convergencia/deformación plástica, altos flujos de agua, terreno inestable en zonas de falla, abrasividad, minerales expansivos y corrosión.

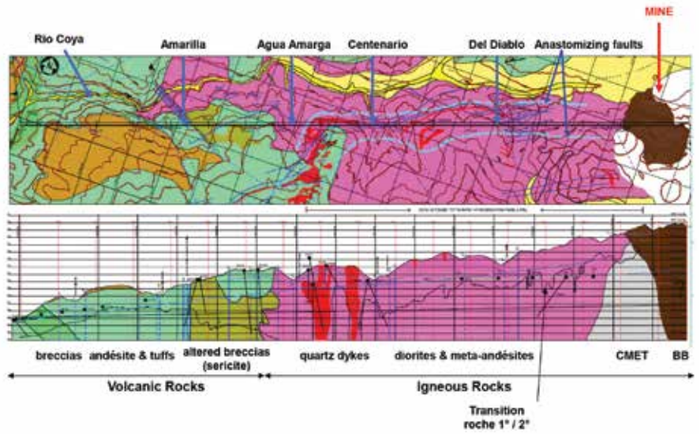


Figura 4: Perfil geológico del NNM.

En particular el desafío de atravesar un sector de falla conocido como Agua Amarga (ver Figura 4) significará variaciones importantes en la calidad de la roca. De hecho, mediante los sondeos de reconocimiento ya se ha detectado la presencia de agua a presiones elevadas con caudales considerables y permanentes, así como un estado de la roca que se puede confirmar con sondeos en el frente.

Esta zona de gran longitud, que probablemente presentará deformaciones significativas y agua en abundancia, fue la que definió la estrategia constructiva, al desecharse la alternativa con tuneladora. De la misma forma, en la construcción del adit ubicado en la zona cercana al pueblo vecino de Sewell se ha debido trabajar el frente con más de 120 l/s, situación agravada por una excavación en pendiente descendente de 12.5%.

Para resolver las condiciones en este ultimo adit, se ha instalado toda una batería de tanques con bombas de alta capacidad cada 150 m, con el fin de tener la posibilidad de drenar las aguas hasta el punto mas bajo del flujo, en una estocada, para bombear por escalones hasta la cañería de desagüe ubicada en la zona horizontal.

En el adit P500, los flujos de agua encontrados se han controlado, hasta la fecha, con unas aureolas de drenaje monitoreadas o canalizadas, para un bombeo independiente de las aguas residuales del adit, por la necesidad eventual de tratarlas, debido a su pH.

Con vistas al futuro se han tomado las previsiones necesarias para un tratamiento de consolidación o impermeabilización temporal, para la construcción únicamente.

Método constructivo de los túneles

Los túneles se están excavando en convencional —mediante perforación y tronaduras, con los consiguientes ciclos de extracción de material y revestimiento—, con base en un diseño basado en el criterio de convergencia-confinamiento.

FASES DEL CICLO DE PERFORACIÓN Y TRONADURA

- **Fase 1:** Perforación
- **Fase 2:** Carga
- **Fase 3:** Tronadura y ventilación
- **Fase 4:** Material de rezaga
- **Fase 5:** Fracturación mecanizada (topografía y geología no deben quitar tiempo al ciclo)
- **Fase 6:** Revestimiento (en función de las condiciones locales):
  - Concreto lanzado
  - Perforación y colocación de pernos
  - Colocación de marcos metálicos

El revestimiento, constituido principalmente por concreto lanzado con fibra y pernos, es también una fuente de aplicación de tecnologías innovadoras. La perforación se realiza con jumbos de dos brazos y canastilla de montaje de pernos. Estos son tanto tradicionales como de fijación rápida, con posterior inyección de lechada de recubrimiento y sellado.

El concreto lanzado se aplica, en dos capas, con equipo Roboshot de última generación, muy independiente y de rápida puesta en operación al incluir bomba de concreto así como

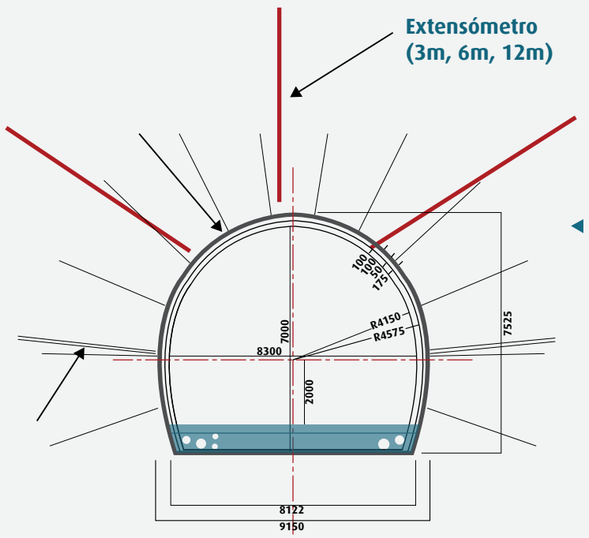
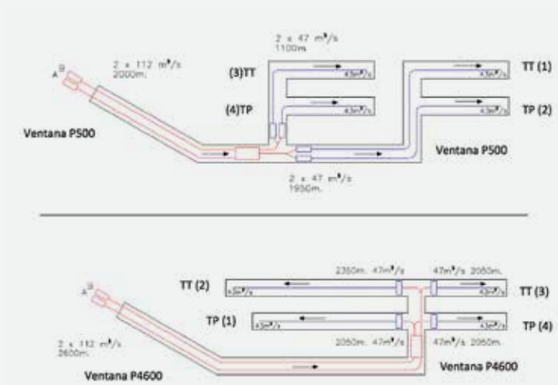
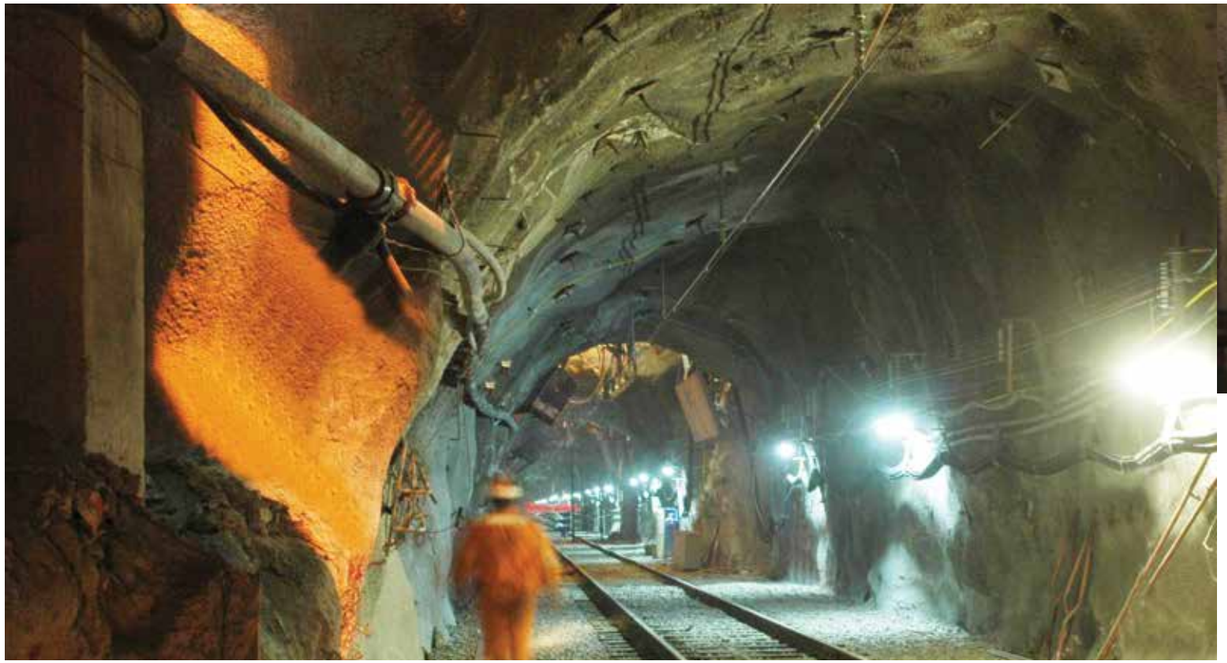


Figura 5: Disposición típica de perforaciones para extensómetros.

A) Medición de deformación a través de los frentes.
B) Contactos de medición con prismas sobre las bermas y los laterales de excavación (dependiendo de la geometría del frente del túnel y los adits).

Esquema de inyección de aire.





La tecnología juega un papel importante en los trabajos de la mina.

compresor y dosificador de aditivos. El concreto lanzado está diseñado con la inclusión de fibra, lo que evita la colocación de malla y contribuye así a una significativa reducción del ciclo.

Para determinar las condiciones de roca, la presencia de agua (presión-caudal) y las discontinuidades que podrían poner en riesgo el avance, desde "nichos" o "estocadas" próximas al frente de trabajo se realizan sondeos diamantinos con extracción de núcleos que avanzan por delante del frente del túnel. Como se esperan —y se han encontrado— altas presiones de agua en la formación, las sondas están equipadas con el sistema BOP (Blow Out Preventer, válvulas que permiten sellar el frente de perforación), el cual hace posible realizar las operaciones con contrapresiones de hasta 70 bar.

- Las tronaduras se realizan una por frente, no de manera simultánea.
- 150 m del frente se considera zona de expansión.
- 50% de la contaminación proviene de otros frentes (este valor puede llegar a un máximo de 80%).
- Después de cada tronadura, se encienden los ventiladores de inyección de aire y se espera el tiempo reglamentario de ventilación.

Instrumentación y actitud preventiva

Además de que se realizan sondeos sistemáticos al avance, con el fin de anticipar la calidad de la roca y la presencia de agua se ha puesto en operación un sistema de monitoreo con fines de seguridad, como garantizar la estabilidad e integridad de la construcción y proporcionar una alerta en caso de cualquier amenaza. Sin embargo, también sirve para adaptar y optimizar las soluciones de ingeniería, monitoreando el comportamiento de las estructuras para predecir la evolución de los parámetros medidos. Finalmente, a través de mediciones topográficas se revisa la convergencia al avance, para verificar las deformaciones en el macizo (ver Figura 5).

Como parte de la batería de soluciones para abordar las dificultades que presenta el terreno se tiene en obra:

- Una planta completa de inyección. Ésta es de operación computarizada que, al registrar los parámetros de inyección, permite el análisis en un tiempo breve. Ello, a su vez, ayuda a la rápida toma de decisiones en eventuales modificaciones al programa de tratamientos de la roca.
- Equipos para la ejecución de drenaje adicionales, a raíz de los flujos de agua registrados durante los sondeos de reconocimiento llevados a cabo.

Innovación y tecnología

Globalmente el proyecto Nuevo Nivel Mina en etapa de explotación considera la incorporación de la tecnología como herramienta fundamental para reducir al mínimo posible la exposición de los obreros a los riesgos propios del trabajo subterráneo. Por ello, uno de los focos estratégicos en el diseño del proyecto es la automatización y la operación a distancia de una cantidad importante de las labores de excavación.

Por ejemplo, en lo que se refiere a la perforación se utilizan jumbos de tres brazos, que se posicionan y perforan en forma automática conforme al diagrama de disparo que se ha incorporado previamente a la computadora del equipo, diagrama que es coherente con el tipo de roca a penetrar. Estas perforadoras son de alta potencia, lo que conlleva el uso de barras de perforación especiales capaces de soportar la energía y empuje entregado por el jumbo sin provocar desviaciones, que son muy negativas en el rendimiento del disparo.

La fractura de la roca se realiza con equipo mecanizado, lo que evita la ejecución manual tradicionalmente utilizada en la minería. El uso de estos equipos ha requerido capacitar de forma intensiva a los operadores para lograr rendimientos óptimos, es decir que operen con seguridad y eviten fracturar roca de más, que no reporta beneficios al proyecto.

En la selección de explosivos también se adoptaron mejoras tecnológicas, al definirse el uso de emulsión a granel que se traslada al frente de trabajo por un camión equipado con dos bombas que permiten bombear simultáneamente al interior de dos perforaciones, incorporando de esta forma el elemento sensibilizador que torna explosiva la mezcla. Es decir, la emulsión no se vuelve explosiva sino hasta cuando se sensibiliza dentro de la perforación. Esto obviamente tiene ventajas significativas en lo que se refiere a su almacenamiento, transporte y seguridad. En cuanto a la iniciación, se ha optado por un sistema electrónico que permite dar una mayor precisión en los retardos, logrando mejoras en los rendimientos del disparo.

El equipo de extracción y transporte de material (ver Figura 6) es equipo de uso habitual en túneles: Scoop, dumper, cargador y camión. Sin embargo, en el aspecto tecnológico esta maquinaria cuenta con el sistema blaxtair, con cámaras me-

Figura 6: Equipo de extracción y transporte de material, Dumper 10 m³

diante las cuales se detecta la presencia de personas en el entorno, lo que permite controlar los riesgos de atropello y colisión, así como un sistema ANSUL de detección y supresión de incendios en equipos motorizados.

Seguridad ante todo

La herramienta fundamental de seguridad en la operación es el programa de prevención de riesgos por el cual se rige la empresa. En éste se identifican los peligros, se evalúan y controlan los riesgos además de que considera el cumplimiento de la legislación aplicable. De estos pilares nacen programas como la Observación de Conducta, Tarjeta Verde, Seguridad Basada en la Conducta (SBC) y gestión de los cuasi accidentes, entre otros. Lo anterior, con el fin de lograr la autoprotección tanto de los trabajadores como de la supervisión. En ese sentido se han incorporado herramientas novedosas como "Alive on site", que consiste en la grabación de actividades en terreno y la posterior revisión y discusión del material audiovisual registrado por los mismos protagonistas.

De manera particular, tres elementos constituyen el núcleo del programa de seguridad:

- Los sondeos al avance permiten anticipar problemas geotécnicos y hacer una buena administración de la calidad de la roca y de los flujos de agua esperados.
- Existe un manejo de los riesgos claramente establecido en el contrato, con un flujograma de decisiones.
- Un comité técnico y un panel de expertos, así como tres especialistas reconocidos internacionalmente y sin vínculos con cualquiera de las partes, conforman un cuerpo imparcial a cargo de vigilar que las operaciones se lleven a cabo en las condiciones de mayor seguridad.

Los esfuerzos están rindiendo frutos. Por alcanzar indicadores de excelencia en seguridad, mejorar en 25% o más los resultados en este sentido o mantenerse sin accidentes incapacitantes al menos por dos años consecutivos, 21 áreas de El Teniente fueron distinguidas en el 51° concurso nacional anual del Consejo Nacional de Seguridad (CNS) chileno.

Conclusiones

Mediante un contrato que se distingue por ser colaborativo, Codelco y Constructora de Túneles Mineros desarrollan el Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente, que extenderá en más de medio siglo las operaciones de la principal mina subterránea de cobre del planeta.

El proyecto es emblemático no sólo por su alcance –dos túneles principales de acceso al corazón del yacimiento– sino por la tecnología de punta que utiliza, la cual mejora sustancialmente tanto la productividad como la seguridad en los trabajos.

Ello, gracias a un grupo humano calificado y comprometido que ha sabido adaptarse a nuevas formas de trabajar, en un período en el que se ejecutan numerosas obras subterráneas en forma simultánea. El desafío de abordar el cambio no sólo ha sido para el personal chileno; los extranjeros también han debido adaptarse a las condiciones locales y a la cultura propia de un yacimiento minero que ya tiene más de 100 años de vida. •

▲ Refugio minero.

Con casas de poca altura pintadas de varios colores tono pastel, bajo un cielo surcado por los cóndores, el poblado de Sewell se distingue por estar sobre El Teniente, la mina subterránea de cobre más grande del mundo.

cimentaciones y obra civil | estructuras subterráneas | obras hidráulicas e industriales | estructuras portuarias

www.cimesa.net APÓYATE EN NOSOTROS Tel: (+5255) 5207 3068

SEGURIDAD EN TÚNELES: una visión general

En este artículo se presenta una visión general de la seguridad en trabajos de construcción de túneles en México, con objeto de enfatizar la importancia de contar con la organización adecuada en cada proyecto. Debido a que no es posible plantear detalles específicos de los temas involucrados en cada obra, se sugiere que los encargados del área de seguridad cuenten con un manual sobre los mismos, así como con todos los elementos necesarios para su correcta aplicación.

Ing. Enrique **Farjeat Páramo**
Director de Proyecto, ITECSA

Medidas y procedimientos para implantar la seguridad

Mayor índice de riesgo en trabajos de tuneleo

El tuneleo es una actividad constructiva inherentemente peligrosa. Esto lo ocasiona el reducido espacio en el frente de trabajo, el piso resbaloso por la humedad, el alumbrado artificial e incierto, el comportamiento inesperado del terreno en la clave o en el frente, el manejo inadecuado de los explosivos, la carga y descarga de materiales pesados y las dovelas del soporte inicial; igualmente el manejo de la rezaga, el acoplamiento de carros y la operación de las locomotoras, la presencia de gases contaminantes que generan algunos equipos dentro del túnel, así como la posible presencia de gases explosivos o tóxicos emanados del terreno, por citar solo algunos peligros. También pueden ser causas directas o indirectas de accidentes el ensordecedor ruido que se genera tanto en el interior del túnel como en las instalaciones superficiales, donde hay talleres mecánicos, almacenes y patios de habilitado de materiales, entre otras.

No obstante lo que se pudiera pensar, la frecuencia con la que ocurren los accidentes en los túneles avanza en dirección opuesta a la intención de los constructores por evitarlos, pues algunos percances suceden a pesar de las medidas de prevención implementadas. Ante este panorama, para reducir el número de accidentes resulta de suma importancia que todos los involucrados en el ámbito de la construcción compartan experiencias, principalmente las que surgen por descuidos o negligencia.

Normatividad

La Ley Federal del Trabajo, reformada el 30 de noviembre de 2012, tiene un capítulo específicamente dedicado a los Riesgos de Trabajo, a los que define como: “los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo”. Plantea, además, que el patrón es responsable de la seguridad e higiene y de la prevención de los riesgos en el trabajo, así como es obligación de los trabajadores observar las medidas preventivas de seguridad e higiene que establecen los reglamentos y las normas oficiales mexicanas, tanto como las que indiquen los patrones para la prevención de los accidentes laborales.

Por otra parte, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social ha emitido la NOM-019-STPS-2011, que contiene los principales aspectos sobre la constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en el centro de trabajo, a efecto de que, al aplicarse la norma, se fortalezca la prevención de accidentes y enfermedades en el ámbito laboral.

Adicionalmente, se cuenta con guías o códigos de Seguridad en Túneles que pueden tomarse como base, como es el caso de toda la información que ofrece la International Tunnelling Association (ITA).

Desafortunadamente, aunque existe la normatividad antes mencionada y no obstante que ésta se tome en cuenta en la mayoría de las obras, es usual que todo el recurso humano que participa en un proyecto concentre más su atención en los avances y la calidad de los trabajos que en las medidas preventivas, por lo cual los aspectos relacionados con la higiene y seguridad llegan a descuidarse.

- La voluntad y determinación para operar con seguridad los trabajos de tuneleo deben surgir del más alto nivel jerárquico de la organización. La seguridad debe ser instruida, predicada y llevada a cabo cada minuto por cada hombre del equipo, desde el más alto al más bajo nivel de responsabilidad, si se quiere reducir al mínimo la incidencia de accidentes. De aquí se desprende la importancia de contar con un departamento de seguridad enfocado a coordinar todos los esfuerzos, para reducirlos o eliminarlos.

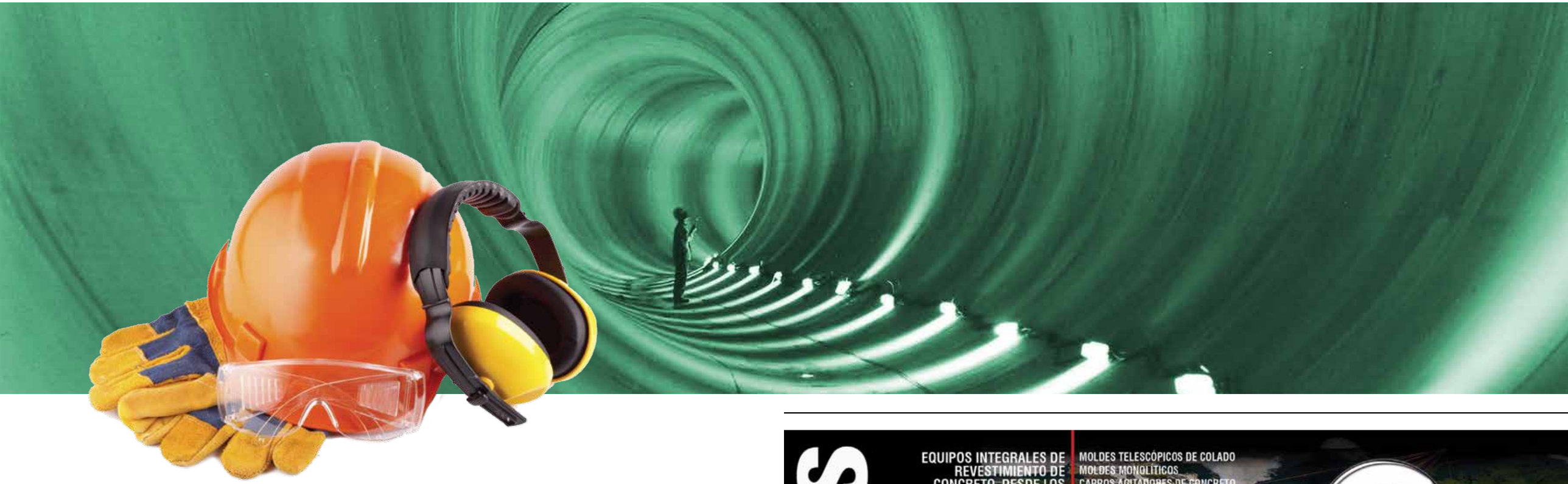
- Al inicio de la obra deben establecerse las Reglas y los Reglamentos de Seguridad, que deben observarse con la rigidez requerida. Si se permite cualquier violación a una Regla de Seguridad, por pequeña que sea o por poca que resulte la frecuencia con la que esto suceda, se nulifica todo buen propósito del Programa de Seguridad.

- Además de la normatividad aplicable, las Reglas y los Reglamentos se deben observar en función del procedimiento de tuneleo por emplear, ya sea que se trabaje en suelos blandos, suelos firmes, suelos duros, roca fracturada, roca sana, etc., bajo diferentes procedimientos constructivos: con escudos, máquinas de tuneleo, métodos convencionales, método austriaco, etc.

- Es indispensable implementar la capacitación de todo el personal, incluyendo el de nuevo ingreso, mediante cursos de inducción al inicio de la obra, así como llevar a cabo con regularidad, las reuniones de las Comisiones de Seguridad e Higiene. En éstas debe participar todo el personal (de construcción y supervisión), ya que son los mejores medios para iniciar y llevar a cabo un buen programa de Seguridad.

- Es recomendable también realizar exámenes médicos a todo el personal, sobre todo si se labora en un ambiente presurizado; también es importante la capacitación en este aspecto. Por lo anterior, se debe dar un nivel jerárquico relevante al Departamento de Seguridad, así como el apoyo e importancia que sus tareas ameritan en el desarrollo de la obra.

- En cualquier trabajo industrial se reconoce al Sobrestante como la persona clave en la obra para una operación segura, ya que es quien está en contacto directo con las personas con el mayor nivel de autoridad operativa de la organización. Inculcar la importancia de la seguridad en los trabajos de tuneleo —en la mente del Sobrestante y en la de los jefes de cuadrillas y personal bajo su mando— lleva a un buen y seguro inicio de los trabajos. Sin embargo, para que la implantación de las medidas de seguridad resulte exitosa, debe mantenerse un monitoreo permanente de su cumplimiento.



- Es conveniente dar a conocer a los trabajadores el programa de seguridad de la obra a través de reuniones, rótulos, señales y otros medios, así como realizar evaluaciones y campañas periódicas sobre el tema. Hay que transmitir al personal que la empresa quiere e intenta operar las actividades previendo al máximo posible la ocurrencia de accidentes, y se pretende que la seguridad no sea solo una palabra, sino que implica un profundo y permanente cambio de conducta. Debe también enfatizarse la importancia de la protección personal a través del uso del equipo de seguridad adecuado a cada actividad que realice el trabajador.

- Como ejemplo de la importancia que la seguridad en túneles tiene en países de avanzada, baste mencionar que en Japón la persona que aspire a ser Residente de Construcción en un Túnel debe aprobar un curso de Seguridad y Primeros Auxilios, de lo contrario no podrá hacerse cargo de dicha función. El lema de los tuneleros japoneses es: “La Seguridad es una Inversión”.

- En cumplimiento a los Reglamentos, para realizar cualquier trabajo de construcción es indispensable que el personal esté dado de alta en el Instituto Mexicano del Seguro Social, con mayor razón si el trabajo se realiza en túneles, ya que los riesgos en este tipo de obras son altos y pueden resultar de mayores consecuencias.

Comentarios adicionales

Es importante recordar que los accidentes en los túneles siempre ocasionan paros y demoras costosos. Obviamente, siempre resultará más barato prevenirlos.

La seguridad en los trabajos de un túnel consiste simplemente en aplicar, con sentido común, los procedimientos que indican las normas correspondientes.

El trabajo seguro es, sin lugar a duda, bien valorado desde un punto de vista humanitario. Inclusive bajo un criterio meramente mercantil, los accidentes deben evitarse porque suelen resultar muy caros. El hombre es el activo más valioso de cualquier equipo de trabajo. Si no se implementan las acciones preventivas para evitar accidentes, el descuido se pagará muy caro. •

Agradezco las aportaciones y comentarios de los Ings. Luis Salazar, Raúl López, Mario Olguín, J. Francisco Suárez Fino, Juan J. Schmitter y Héctor Canseco.

CURVES IN SOFT GROUND:

TIGHT-TURN EPB.

Active articulation allows Robbins Earth Pressure Balance machines (EPBs) to tackle small radii turns — six to seven times the tunnel diameter — with no segment deformation. Advancing through soft or mixed ground below the water table, Robbins EPBs' precise steering control and powerful propulsion means a safe, reliable and fast excavation for your next complex tunneling project.

Drive with confidence.

therobbinscompany.com
sales@robbinstbm.com

Robbins
GLOBAL LEADERSHIP. UNCOMMON EXPERIENCE.

ICA carso LOMBARDO CONSTRUCCIONES COTRISA CONSTRUCTORA ESTRELLA

COMISSA

La construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO) es considerada la obra de drenaje más grande del mundo, a cargo del consorcio mexicano COMISSA.

Constructora Mexicana de Infraestructura Subterránea S.A. de C.V. (COMISSA)
Av. Central S/N, Renovación Jajalpa, C.P. 55040, Ecatepec de Morelos, Estado de México
Teléfonos: 51168734, 51167697, 51167735

AGENDA

Octubre 17-19, 2013

EXPOTUNNEL
Bologna, Italia

Tels:
+(39 340) 7618153
+(39 051) 4298311
E-mail:
press@expotunnel.it
Sitio web:
www.expotunnel.it

Noviembre 4-7, 2013

IRANIAN TUNNELLING CONFERENCE 2013
Teherán, Irán

Tel:
+(98 21) 8863 0495
Fax:
+(98 21) 8800 8754
E-mail:
itc2013@irta.ir
Sitio web:
www.itc2013.irta.ir

Noviembre 6-9, 2013

3er. SIMPOSIO SOBRE TÚNELES Y LUMBRERAS
Distrito Federal, México

SMIG / AMITOS
Colegio de Ingenieros Civiles de México
Tels:
+(5255) 5677 3730
+(5255) 5528 3611
Fax:
+(5255) 5679 3676
E-mail:
tunelesylumbreras2013@smig.org.mx
amitos@amitos.org
Sites:
www.smig.org.mx
www.amitos.org

Diciembre 10-11, 2013

ARABIAN TUNNELLING CONFERENCE & EXHIBITION
Dubai, Emiratos Arabes Unidos

Tels:
+(971 4) 4270492
E-mail:
pco@uae-atc2013.com

Noviembre 18-19, 2013

CTES – CHILE CONGRESS
Santiago, Chile

Tel:
+(56 2) 651 2100 #112
Fax:
+(56 2) 651 2110
Email:
agomes@geoconsult.cl
Sitio web:
www.ctes.cl

Noviembre 9-13, 2013

IRF WORLD MEETING & EXHIBITION
Riyadh, Arabia Saudita

Tel:
+(1 703) 535 1001
Fax:
+(1 703) 535 1007
E-mail:
esalinas@IRFnews.org
Sitio web:
www.IRFnews.org

Mayo 9-15, 2014

WORLD TUNNEL CONGRESS 2014 AND 40TH ITA GENERAL ASSEMBLY
Cataratas del Iguazú, Brasil

Tel:
+(5511) 3868 0726
E-mail:
info@wtc2014.org

Octubre 8-10, 2014

IV CONGRESO MEXICANO DE INGENIERÍA DE TÚNELES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS
Distrito Federal, México

AMITOS
Tel:
+(5255) 5528 3611
Fax:
+(5255) 5528 3611
E-mail:
amitos@amitos.org
amitos@prodigy.net.mx
Sitio: www.amitos.org

Mayo 22-28, 2015

WORLD TUNNEL CONGRESS 2015 AND 41ST ITA GENERAL ASSEMBLY PROMOTING TUNNELLING IN SOUTH EAST EUROPEAN (SEE) REGION
Dubrovnik, Croacia

E-mail:
info@itacoatia.eu

MEXIE, S.A. DE C.V.

Premio IRF 2012
Innovación

Tierra Colorada
Autopista Cuernavaca - Acapulco
CAPUFE

Iluminación y Señalización Electrónica de túneles con Lámparas Swarotube, Módulos SwaroLine y Levelite con tecnología Led

Autopista Durango - Mazatlán
SCT

SWAREFLEX®
lights the way to safety

www.mexie.com.mx
e-mail: mexie@todomexico.com

MEXIE S.A. DE C.V.
Calle General Ignacio Alatorre No 65
Col. Daniel Garza, Del. Miguel Hidalgo
México D.F., C.P. 11840
Tels: (52)(55)5357 1839
(52)(55)5516 0000
(52)(55)5516 1010
(52)(55)5516 1015
Fax: (52)(55)5357 1999

ICA

ESR EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE

Hacemos realidad
Grandes ideas

Túnel Emisor Oriente

Empresas ICA, S.A.B. de C.V.
Es la empresa de ingeniería, procuración, construcción e infraestructura más grande de México. Las principales líneas de negocio son la construcción civil e industrial, concesiones, aeropuertos y vivienda.

www.ica.com.mx

ICA infraestructura · ICA FLUOR · ICA Ingeniería · VIVE ICA · OMA

Actividades del
CONSEJO DE DIRECTORES

Celebramos nuestro TRIGÉSIMO ANIVERSARIO

Socios fundadores, miembros del Consejo Consultivo, ex Directores Ejecutivos, Socios y amigos de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas (AMITOS), así como funcionarios de distintas dependencias de Gobierno, académicos, presidentes de las diferentes sociedades técnicas y colegios, fueron convocados por el Décimo Cuarto Consejo de Directores de AMITOS para celebrar, el pasado 3 de julio en el Club de Industriales de la Ciudad de México, el trigésimo aniversario de la Asociación.

Como parte relevante del evento, los ingenieros Adrián Lombardo Aburto y Luis Manuel Rivera hicieron una presentación de los avances en la obra del Túnel Emisor Oriente. Asimismo —y a modo de homenaje a todos los que con sus realizaciones han escrito la historia de los túneles en México—, se presentaron dos iniciativas histórico-culturales de AMITOS: la exposición fotográfica ***Túneles en México*** y un video-documental titulado ***Historia de los túneles y su incidencia en México***.

La idea de rescatar y documentar lo que ha acontecido en nuestro país en materia de diseño y construcción de túneles inició con la publicación del libro ***Túneles en México,*** realizada por AMITOS en 2012.

Con el fin de continuar ese impulso inicial, el XIV Consejo de Directores reunió cientos de fotografías, documentos históricos, anécdotas, etc. sobre la materia para presentar —tras de meses de ardua labor de selección, catalogación y en muchos casos restauración—, la exposición que es apenas una muestra del tesoro iconográfico y documental con el que hoy cuenta nuestra Asociación. La presentación corrió a cargo de su curador, el ingeniero Fermín Sánchez Reyes, quien trabajó en equipo con los jóvenes universitarios del Foto-club Ingenieros de la UNAM, aprovechando el convenio que tiene AMITOS con dicha institución educativa.

Posteriormente se presentó el primer video-documental dirigido por el Ing. Fermín Sánchez Reyes, que forma parte de una serie de seis documentales sobre la historia general de los túneles desde los tiempos prehistóricos hasta la actualidad, que el XIV Consejo de Directores tiene el propósito de llevar a cabo para mostrar la manera en que este tipo de trabajos han repercutido en la vida de nuestro país. En el evento vimos el capítulo correspondiente a la historia de nuestras obras subterráneas durante la segunda mitad del siglo XX, donde se refieren hazañas de nuestros colegas tuneleros.

Finalmente se hizo entrega de un reconocimiento a los socios fundadores, quienes en 1983 creyeron –acertadamente- que estaban creando una asociación que perduraría para fortalecer a la disciplina, y para reconocer a los ex Directores Ejecutivos.

Agradecemos profundamente el apoyo de las instituciones, empresas privadas e ingenieros entusiastas, cuya desinteresada participación hizo posible celebrar este evento.

Se presentaron varias iniciativas culturales que dan testimonio sobre la historia de los túneles en nuestro país.

El evento reconoció la trayectoria y relevancia de AMITOS a lo largo de tres décadas de trabajo a favor de las obras subterráneas.

WTC 2013
Switzerland - Geneva

AMITOS, presente en el ITA World Tunnelling Congress 2013, Congreso Mundial y Asamblea General 2013

Como resultado de la estrecha relación que en los últimos años hemos cultivado con la Asociación Internacional de Túneles y Espacio Subterráneo (ITA), AMITOS estuvo presente en la XXXIX Asamblea General ITA 2013, celebrada en la ciudad de Ginebra, Suiza, del 31 de mayo al 7 de junio. En esta ocasión los trabajos de la Asamblea se desarrollaron bajo el título "Underground – the Way to the Future" ("Subterráneo – El Camino hacia el futuro"). El Ing. Francisco Suárez Fino y el Ing. Roberto González Izquierdo asistieron en representación de AMITOS.

Por su parte, el Congreso Mundial 2013, organizado por la ITA y la Sociedad Suiza de Túneles —Swiss Tunneling Society (STS)—, contó con la presencia de más de 1,800 asistentes y la representación de 58 de las 71 naciones miembro.

AMITOS mantiene una posición digna dentro de la Asamblea, por lo cual nos esmeramos en presentar un buen reporte de las obras subterráneas y túneles importantes que se han estado construyendo en nuestro país. En este foro agradecimos públicamente a los miembros del Consejo Ejecutivo, y particularmente a los directivos de la Fundación de la ITA (ITA-CET), por la asistencia técnica que nos brindaron en el Curso Internacional de Túneles, que impartimos entre ITA y AMITOS en el Centro Asturiano del 2 al 4 de mayo de 2013.

Durante la sesión varios de los países presentaron sus informes. También se expusieron las actividades del Consejo Ejecutivo, las del Presidente In-Mo Lee y el reconocimiento por el incremento de la base de asociados de la ITA —tanto corporativos como individuales— respecto a las nuevas naciones miembro.

De igual forma se hicieron las presentaciones de los candidatos a la presidencia de la ITA, toda vez que han transcurrido los tres años de la gestión de In-Mo Lee. En la segunda sesión, por mayoría de votos, la Asamblea decidió otorgar la Presidencia al Sr. Søren Degn Eskesen, de Dinamarca.

Con satisfacción anunciamos que el Sr. Degn aceptó la invitación de venir a México, a fin de reunirse —en septiembre— con directivos de nuestra Asociación y en noviembre, para dictar la conferencia magistral de apertura del Simposio Internacional.

Celebramos reuniones especiales con los señores Claude Berenguier y Olivier Vion, directivos de ITA-CET, para planear la reedición del Curso Internacional de Túneles, que nos hemos propuesto desarrollar anualmente en México.

Cada uno de los Grupos de Trabajo de la ITA reportó sus avances dentro de las sesiones informativas. Como Asociación tenemos acceso a estos trabajos especializados y con ello, la oportunidad de aprovechar sus recomendaciones para nuestras obras. Los invitamos a obtener el máximo beneficio de estas experiencias visitando el sitio de la ITA.

Parte importante de la labor realizada por nuestra representación fue conseguir y ratificar el soporte para la Maestría en Túneles que hemos iniciado en México.

Se tuvieron cambios importantes dentro del Consejo Ejecutivo, el cual quedó constituido como sigue:

- **Søren Degn Eskesen, Dinamarca**
- **In-Mo Lee, Corea**
- **Rick P. Lovat, Canadá**
- **Tarcisio Celestino, Brasil**
- **Amanda Elioff, EUA**
- **Daniele Peila, Italia**
- **Alexandre Gomes, Chile**
- **Ruth Gunlaug Haug, Noruega**
- **Nikolaos Kazilis, Grecia**
- **Eric Leca, Francia**
- **Jinxiu (Jenny) Yan, China**
- **Davorin Kolic, Croacia**
- **Felix Amberg, Suiza**

Por otra parte, en cada Asamblea se decide la nueva sede del Congreso a celebrarse al tercer año consecutivo. Actualmente se tienen establecidas las sedes de los Congresos 2014 y 2015, que se realizarán en las ciudades de Iguazú en Brasil y Dubrovnik en Croacia, respectivamente. Para 2016 se presentó sólo la candidatura de los Estados Unidos, por tanto el Congreso se llevará a cabo en la ciudad de San Francisco. Creemos que esta sede es muy accesible para nuestros asociados y esperamos que presenten muchas ponencias.

Con relación a este tema —y la posibilidad de asistir al congreso de Brasil— se ha conseguido que los países latinos tengan un descuento del 30% en los costos de inscripción. Además, las ponencias podrán presentarse en español, ya que habrá traducción simultánea en todos los salones. •

▲ Ingenieros Roberto González Izquierdo, Søren Degn Eskesen y José Francisco Suárez Fino.

▲ Ing. Roberto González Izquierdo y M. en I. José Francisco Suárez Fino en el WTC de Ginebra, Suiza.

Salón de sesiones del WTC de Ginebra, Suiza. ▼

AMITOS
Asociación Mexicana de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas, A.C.

3er Simposio Internacional sobre
Túneles y Lumbreras
en Suelos y Roca
Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM), México, D.F.
7 y 8 de noviembre de 2013
6 de noviembre curso del Prof. Manuel Romana:
"Uso de clasificaciones geomecánicas en obras civiles subterráneas y en minería"

SMIG
Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.

Camino a Santa Teresa 187
Col. Parques del Pedregal
14010 México, D.F.
www.amitos.org
amitos@amitos.org
T/F. (+5255) 5528 3611

Av. Valle de Bravo 19
Col. El Vergel de Coyoacán
14340 México, D.F.
www.smig.org.mx
tunelesylumbreras2013@smig.org.mx
T. (+5255) 5677 3730

CURSO DE TÚNELES EN MANZANILLO, COLIMA

Bajo los auspicios de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Delegación Colima, con el apoyo logístico de su Instituto de Capacitación (ICIC) y el apoyo técnico de AMITOS, se celebró el curso Túneles: Diseño Construcción y Supervisión. Éste se llevó a cabo el jueves 18 y viernes 19 de julio en el auditorio del Hotel Marbella del Puerto Industrial y Turístico de Manzanillo.

Además de los temas que tocó el programa, los cerca de 50 asistentes y los expositores participaron en una interesante sesión de preguntas y respuestas, lo cual dio mayor riqueza y dinamismo al curso.

De manera complementaria, el Ing. Alejandro Domínguez Aguirre, Residente General de Carreteras Federales del Centro SCT en Colima, presentó el proyecto del túnel ferroviario que se construirá próximamente entre las instalaciones de la API y la laguna de Cuyutlán, cuyo diseño fue realizado por la empresa Consultec. Ésta es una obra al nivel del primer mundo, que incluye algunos entronques, puentes y otros trabajos complementarios. Como proyecto integral destaca, entre sus prioridades, a la ciudadanía y su seguridad, por lo que dará un giro muy positivo a la infraestructura de Manzanillo. •

El curso cubrió los siguientes temas:

1. Panorama general de los túneles.
2. Aspectos generales del diseño y construcción de túneles.
3. Proyecto geométrico y obras de acceso.
4. Seguimiento Técnico y de Obra durante la construcción.
5. Instrumentación y mediciones de comportamiento.
6. Aplicaciones del concreto lanzado con fibras de acero.
7. Principios básicos del concreto reforzado con fibras de acero.
8. Estudios preliminares, geológicos, geofísicos y geotécnicos.
9. Aspectos geotécnicos y clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.
10. Determinación de parámetros geotécnicos.
11. Análisis y diseño (Parte 1).
12. Análisis y diseño (Parte 2).
13. Construcción de túneles en roca (Parte 1).
14. Construcción de túneles en roca (Parte 2).

Los temas estuvieron a cargo de los siguientes expositores, todos ellos asociados de AMITOS:

José Francisco Suárez Fino (temas: 01, 03 y 04).

Juan Jacobo Schmitter Martín del Campo (temas 02 y 05).

Carlos Frutos Garamendia (temas 06 y 07).

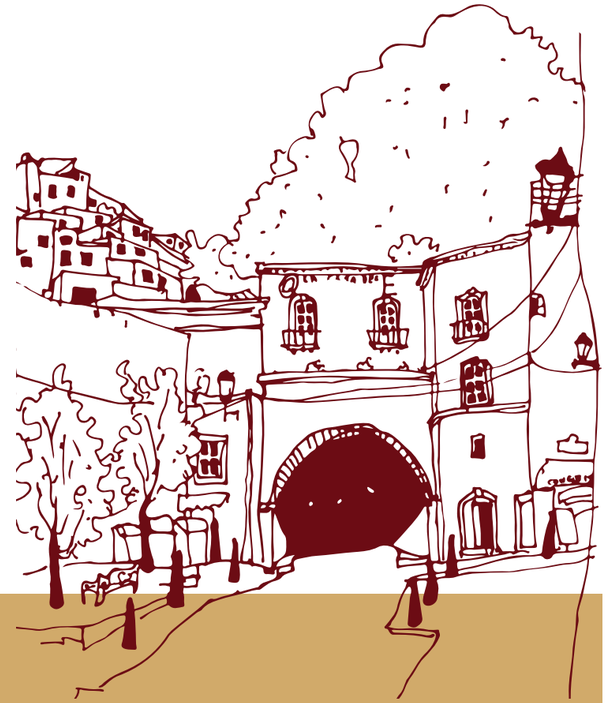
Armando Rábago Martín (temas 08, 09 y10).

Fermín Sánchez Reyes (temas 11 y 12).

Miguel Ángel Banuet Rodríguez (temas 13 y 14).

En la Mesa Inaugural estuvieron el Ing. Óscar Nicolás del Toro Gómez, Presidente de la CMIC (Colima); M.I. José Francisco Suárez Fino, Director Ejecutivo de AMITOS; Ing. Alejandro Domínguez Aguirre, Residente General de Carreteras Federales del Centro SCT en Colima; Lic. Susana Elizondo Pulido, Encargada de la Delegación SEDUR, Manzanillo; Arq. Ernesto Vergara Orozco, Director del IMPLAN, Manzanillo; Arq. Javier Martín Negrete Molina, Vicepresidente de Instituciones de Salud y Educación; y el Ing. Gilberto Cruz Cisneros, Gerente de Ingeniería, A.P.I. Manzanillo.

“Todo científico es descendiente de Humboldt. Todos somos su familia”.
Emil Du Bois-Reymond (1818-1896), médico y fisiólogo alemán



Humboldt en Guanajuato

En la Biblioteca Estatal de Berlín del Castillo Tegel se encuentran los diarios de Alexander von Humboldt, uno de los viajeros más extraordinarios de los que tengamos registro. Nacido en Berlín en 1769, no es reconocido por hacer un largo viaje como Marco Polo, el mercader italiano que en el siglo XIII exploró Asia Central y China en un periplo que duró más de dos décadas; tampoco se le asemeja con Ibn Batutah, el explorador marroquí del siglo XIV que recorrió África, Europa y Asia durante 30 años.

Como el viaje que hiciera Charles Darwin en el barco Beagle —a lo largo del cual el naturalista inglés recabó los elementos a partir de los cuales desarrollaría la teoría de la evolución—, el viaje de Humboldt a la Nueva España solo duró cinco años, pero fue un recorrido que compensó su relativa brevedad con la riqueza de sus resultados.

Probablemente el ***Wanderlust,*** o anhelo por viajar, de Humboldt cobró forma mientras estudiaba en Gotinga, donde conoció a Georg Forster, quien había acompañado al capitán James Cook en su segunda navegación alrededor del mundo. Pronto, Humboldt habría de realizar su sueño. A la muerte de su madre en 1796, contó con suficientes recursos para financiar un viaje con objetivos científicos.

Así, junto con el médico y botánico Aimé Bonpland, se embarcó hacia América en un trayecto que le permitiría recorrer nuestro país, entrando por Acapulco —proveniente de Guayaquil— y partiendo por Veracruz. En agosto de 1804, después de un lustro, Humboldt regresó a Europa, donde pudo dedicarse a publicar los resultados de su viaje a Nueva España a partir de sus diarios, que organizó y mandó encuadernar en nueve volúmenes, entre los que se encuentran sus experiencias en el territorio que años después se llamaría México.

Nada pareció escapar al interés de este naturalista, biólogo, geólogo, explorador y cartógrafo alemán que hacía detalladas anotaciones sobre la flora, comercio, lenguaje, leyendas o costumbres que encontraba a su paso. Como minerólogo (materia que cursó en la Universidad de Freiburgo), uno de sus grandes intereses fueron las minas de Pachuca, Real del Monte, Morán y Guanajuato.

Von Humboldt escribió respecto a su estancia en Guanajuato del 7 de agosto al 6 de septiembre de 1803, hace 210 años: “Fue uno de los periodos más fatigantes de mi vida. Usando mi barómetro, escalé todas las montañas. Descendí tres veces hasta el fondo de la mina La Valenciana, dos veces a la de Rayas, en Mellado, en Fraustros, en Ánimas y en San Bruno. [...] ¡En Fraustros caí peligrosamente sobre mi espalda y experimenté extremo dolor durante 14 días debido a un esguince en la base de mi columna!”.

Ya en México, pudo establecer comparaciones entre, por ejemplo, las minas de Perú y las de nuestro país. Señaló: “Una ventaja muy notable para los progresos de la industria nacional nace de la altura a la que ha colocado la naturaleza, en la Nueva España, las grandes riquezas metálicas. En el Pérú, las minas de plata más considerables [...] se hallan a inmensas alturas muy cerca del límite de las nieves

▲ Humbold se sorprendió del arduo trabajo realizado por los trabajadores de las minas mexicanas.

▼ Mapa trazado alrededor de 1846 por JG Bruff, a partir del original de 1804 hecho por Alexander von Humboldt.

perpetuas. Para beneficiarlas es menester llevar de lejos los hombres, los víveres y las bestias. [...] Por el contrario, en México las más ricas venas de plata, como son las de Guanajuato, Zacatecas, Taxco y Real del Monte, se encuentran a una altura media de 1,700 a 2,000 metros. Las minas están por consiguiente rodeadas de campos de labor y de pueblos grandes y pequeños; las cumbres se encuentran coronadas de bosques y todo facilita el beneficio de las riquezas subterráneas".

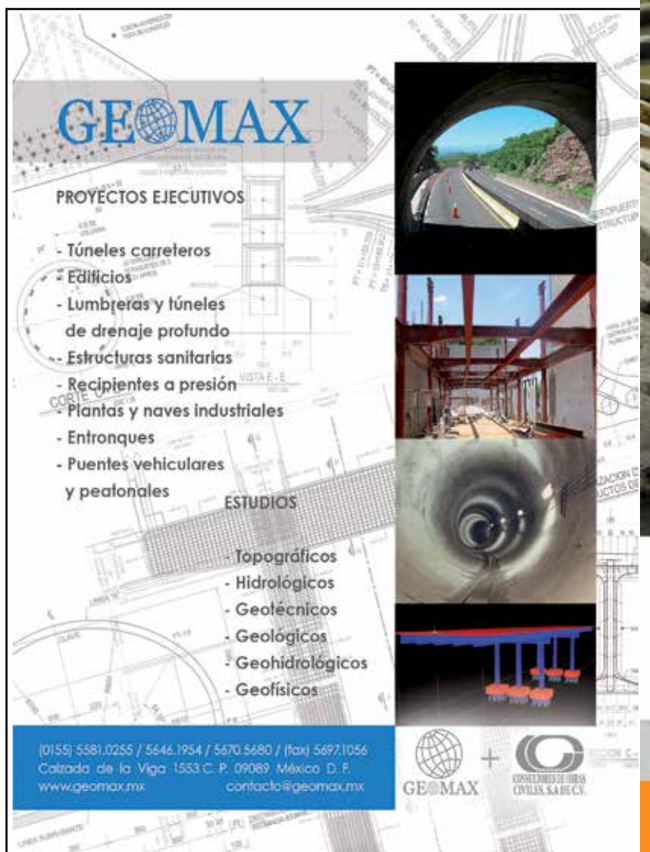
Sin embargo, Humboldt estaba interesado no sólo en los metales sino también en las duras condiciones que padecían los mineros que los extraían, mismas que llegó a describir de la siguiente manera: "El minero que se ha educado en las minas de Freiberg, acostumbrado a ver en práctica tantos y tan ingeniosos medios de acarreo, se persuade con dificultad de que en las colonias españolas se transporte a lomo de hombre todo el metal que se saca de la veta. Los indios tanateros, a quienes puede considerarse como las bestias de carga de las minas de México, están cargados durante seis horas con un peso de 225 a 350 libras [...] Suben y bajan en ese tiempo miles de escalones por tiros que tienen 45° de inclinación [...] Entre ellos se encuentran sexagenarios y muchachos de 10 a 12 años [...]"

Agrega sus impresiones: "No se cansa uno de admirar la fuerza muscular de los tanateros indios y mestizos de Guanajuato, especialmente cuando se encuentran muy fatigados al salir de la profundidad de la mina La Valenciana." Sin embargo, fue más allá de registrar las condiciones laborales para calcular una mejor alternativa: "Los tanateros cuestan a los dueños de esta mina más de 3,000 pesos semanales. Estos gastos podrían disminuirse acaso en dos terceras partes si las obras de laborío se comunicaran mediante pozos interiores".

"En México [...] todo facilita el beneficio de las riquezas subterráneas."

Humboldt, quien gustaba de llevar un recuento detallado de cosas y eventos, registró incluso algunas de las catástrofes mineras en el país, como en la que murieron muchos trabajadores cuando las aguas de los planes del Santo Cristo cayeron por la cañada de San Román en La Valenciana, en Guanajuato, y la compresión repentina del aire destrozó 250 cuerpos.

Humboldt murió el 6 de mayo de 1859 en su departamento en Berlín. Sin embargo, aún hoy sus escritos sobre México sirven como espejo en el cual podemos encontrar un rico y asombroso reflejo de nuestro país.•



MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL, ORIENTACIÓN A TÚNELES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS

Nos es grato informar que la Maestría en Ingeniería Civil, Orientación a Túneles y Obras Subterráneas, inició el pasado 5 de agosto. La carencia de ingenieros especializados en la materia y la enorme cantidad de proyectos que se vislumbran para los años venideros reviste a este hecho de especial importancia.

Asimismo, damos a conocer que la convocatoria para la 2ª generación de esta Maestría saldrá a mediados de enero de 2014, para iniciar el curso en agosto del mismo año. ¡No dejes pasar la oportunidad! •

DONACIÓN DE BOLETINES AMITOS A LA ASOCIACIÓN

Agradecemos a los ingenieros Javier Víctor Rodríguez y Raúl Cuéllar Borja la donación de boletines AMITOS a la Asociación. •

Bienvenidos
Nuevos agremiados

Nuestra Asociación valora tanto la experiencia que ofrecen sus miembros actuales como el entusiasmo y talento que traen consigo los nuevos agremiados, a quienes damos la más cordial bienvenida:

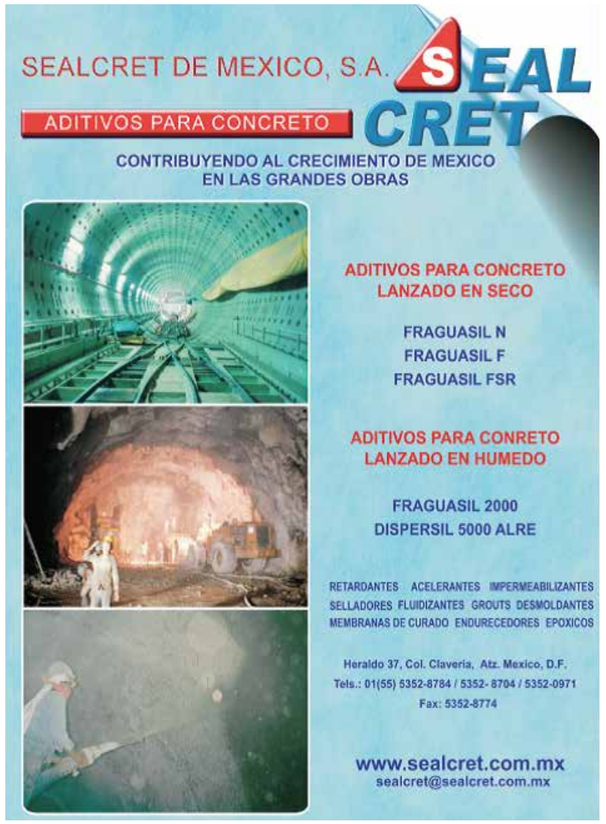
Socios empresariales:
Ingeniería y Servicios ADM, S.A. de C.V.

Socios individuales:
Joaquín Arellano Casanova
Eleazar Arreygue Rocha
Raúl Armando Bracamontes Jiménez
Nancy Cabrera Juárez
Irving Cibrián Fernández
Alejandro Chavarría Domínguez
Gerardo Javier Moreno Serrano
Cuauhtémoc Moreno Terrazas Casildo
Juan Paulín Aguirre
Ulises Talonia Vargas
Francisco Blanco Blanco

Bienvenidos
Nuevos agremiados

Estudiantes:
Uriel Aguilar Torres
Ernesto Castañón Leyva
José Ángel Castro Nieto
José de Jesús Fragoso Hernández
Rodrigo Gutiérrez Navarro
Diana Gutiérrez Ucles
Alejandro Nicolás Jiménez López
Franco Lenin Martínez Sánchez
Rolando Leonel Orozco Tenorio
Ana Lourdes Ponce Navarrete
Raziel Saúl Ponce Navarrete
Paulette Reyes Albarrán
Raymundo Severo García
Ruth Lidia Ubaldo Rodríguez
Juan Antonio Vargas Flores
Semiramise Valle Hernández
Luis Gregorio González Perdomo
Miguel Ángel Guerrero Angulo.

MHFCC
CONSTRUCCIONES S. DE R.L. DE C.V.
ASESORÍA, CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS
HERMOSILLO 26-104, COL. ROMA SUR
DELEG. CUAUHTÉMOC, C.P. 06760, MÉXICO, D.F.
TEL: 5584.2891 / 5264.5209
email: hcanseco@mhfcc.com.mx



Impermeabilización de túneles de excavación, con láminas de PVC, cumpliendo las normas vigentes de control de calidad.
(NORMA UNE 104-421:1995)

G&G Soluciones con tecnología de punta
TTM Nuevas de Tratamiento Medioambiental

Tel. (55) 5005 6500
info@geoygeo.com.mx
ttmsl2@terra.es

Ingeniería Avanzada en **Obras Subterráneas**

Servicios integrales para su proyecto:

- ~ Tuneleo a base de hincado de tubería
- ~ Rehabilitación de tubería
- ~ Construcción de túnel con dovelas
- ~ Reemplazo de tubería
- ~ Hincado de tablestacado metálico
- ~ Proyectos integrales tipo "llave en mano"

Microtunel S.A de C.V.

www.microtunel.com.mx

México

Av. Sor Juana Inés de la Cruz, No. 10 Despacho 101,
Col. Tlalnepantla Centro, Tlalnepantla de Baz, Edo. de México
Tels. (55) 5390-3900, (55) 5390-3782, (55) 5390-3798
Fax: (55) 5390-3819
contacto01@microtunel.com.mx

Colombia

Carrera 22 No. 84-70, Barrio Polo Club, Bogotá Colombia,
Tels. (00571) 616-9812, (00571) 236-0759
Fax: (00571) 622-8941
mtcol@microtunel.com.mx

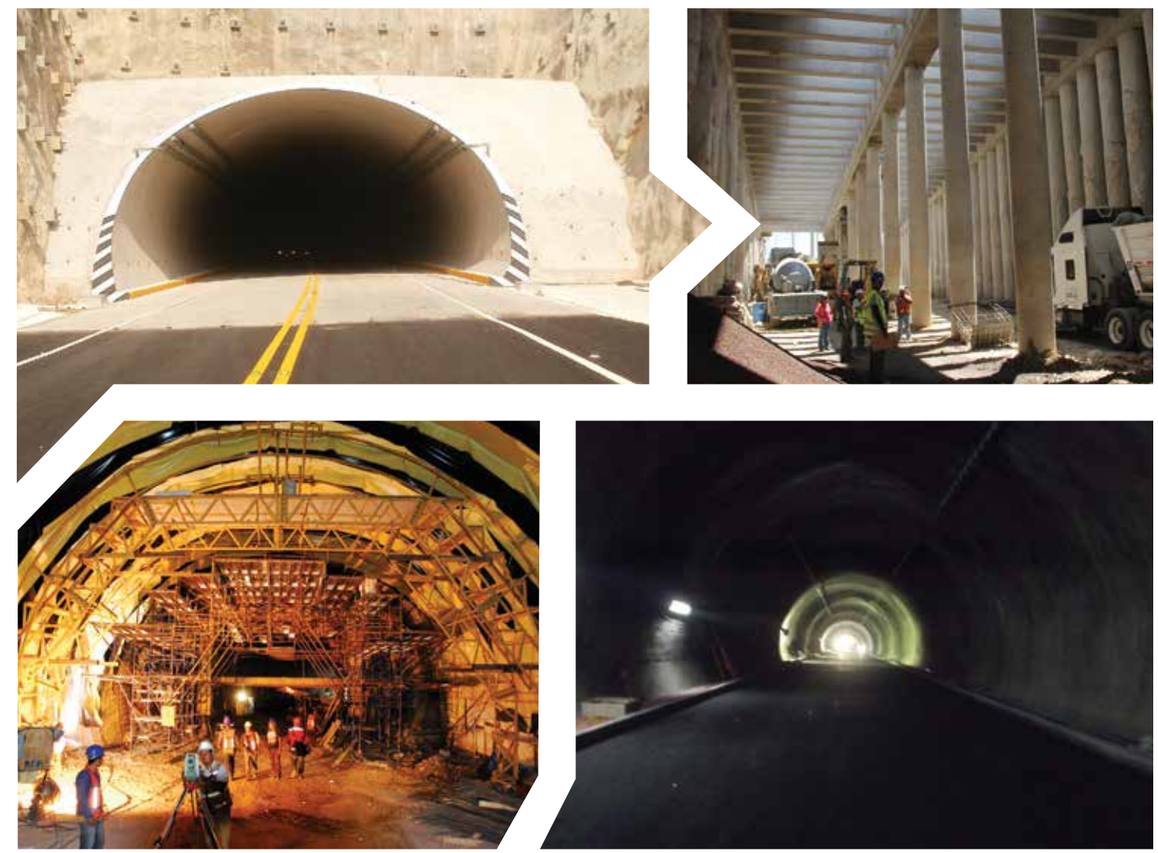
TRADECO Grupo

VANGUARDIA, CALIDAD Y RAPIDEZ SON NUESTRO MAYOR COMPROMISO

ITECSA

Innovaciones Técnicas en Cimentación S.A. de C.V.

Nos caracteriza nuestra visión y experiencia encaminada al desarrollo de nuevas técnicas de construcción en: cimentación profunda, muelles, túneles, tablestacado, anclajes, muros milán, pasos vehiculares deprimidos.



www.tradeco.com

Contacto:

Insurgentes Sur No. 1647, Local D
Col. San José Insurgentes | Deleg. Benito Juárez
C.P. 03900, México D.F. | Tel: 5482 7600

Directorio

OBRAS SUBTERRÁNEAS

Año I, No. 2

Julio-septiembre 2013

CONSEJO EDITORIAL

Ing. Héctor Canseco Aragón
Ing. Enrique Farjeat Páramo
Ing. Manuel López Portillo Verdugo
Ing. Raúl López Roldán
Ing. Mario Olguín Azpeitia
Ing. Carlos R. Sáenz Fucugauchi
Ing. Luis Salazar Zúñiga

XIV CONSEJO DE DIRECTORES

DIRECTOR EJECUTIVO
M. en I. José Francisco Suárez Fino

DIRECTOR SECRETARIO
Ing. Antonio Méndez García

DIRECTOR TESORERO
Ing. Xavier Guerrero Castorena

DIRECTOR DE COMITÉS TÉCNICOS
Ing. Roberto González Izquierdo

DIRECTOR DE CURSOS Y CONGRESOS
Ing. Juan J. Schmitter Martín del Campo

DIRECTOR DE CONFERENCIAS Y PUBLICACIONES
M. en I. Juan Paulín Aguirre

DIRECTOR DE BANCO DE DATOS, BIBLIOTECA Y BOLETÍN
Ing. Leonardo Guzmán León

EDICIÓN, DISEÑO E IMPRESIÓN

XANTUS www.xantus.com.mx

Anúnciate con nosotros

Aportación por publicidad

Cuarta de forros
(última página)
$13,230

2da y 3era de forros
$12,127.50

Página central
$13,230

Página interior
$ 11,025

Media página
$6,063.75

Cintillo
(4 cm)
$1,653.75

1/4 de página
$3,307.50

* No incluyen diseño y/o corrección de estilo.

La aportación debe realizarse antes de la publicación del anuncio.

CONSTRUCTORA ESTRELLA, S.A. DE C.V.

TÚNEL EN ROCA SUAVE

EXCAVACIÓN CON MÁQUINA TUNELADORA

TÚNEL CONDUCCIÓN EN ROCA, PRESA EL GALLO

Constructora Estrella, S.A. de C.V., empresa 100% mexicana, con una trayectoria de más de 60 años contribuyendo al desarrollo del país, participa en la construcción de Proyectos de muchos tipos, tanto en las ciudades como en el campo, apoyando al crecimiento de la infraestructura.

MICROTUNELEO

Es la empresa con mayor antigüedad en la construcción de obra subterránea en la Ciudad de México, pionera al habilitar el primer escudo de frente de rejillas para excavar en arcillas blandas, colectores de 4 metros de diámetro a 15 metros de profundidad. Con visión para el desarrollo de nuevas tecnologías, empleadas en la construcción de obras subterráneas, que a la fecha se siguen empleando con un alto grado de efectividad, ha participado en muchos proyectos.

Actualmente, es integrante del grupo encargado de la construcción del Túnel Emisor Oriente.

REPARACIÓN DRENAJE PROFUNDO

REVESTIMIENTO DRENAJE PROFUNDO

LUMBRERAS FLOTADAS

RIO MIXCOAC No. 30, MEXICO D.F. TEL. 52-00-22-70 cesaw@prodigy.net.mx