Uso del Hierro de Valencia Cero (Fe^0) para la Remediación de Suelos Contaminados con Compuestos Orgánicos Clorados

Jerjes Pantoja Irys[1], Hugo Mújica Sánchez[2], Irwin Fabian Gutiérrez Fernández[2] y Mark Wagner[3]

Resumen

Nuevas y sustentables tecnologías de remediación de suelo y agua subterránea contaminados están siendo utilizadas en México. La habilidad para el tratamiento de contaminación "in situ" ha probado ser más efectiva en términos de costos que las tecnologías tradicionales "ex-situ". El Fe^0 granulado puede ser utilizado en aplicaciones de mezclado de suelo para el tratamiento de compuestos orgánicos volátiles clorados (COVc) "in situ." En el suelo y el subsuelo el Fe^0 granulado es un fuerte agente reductor que es capaz de crear reacciones directas de reducción con el tetracloroetileno, tricloroetileno y los otros COVc presentes en dicha matriz. Los mecanismos de las reacciones potenciales de decloración asociadas con el Fe^0 granulado incluyen eliminación beta e hidrogenación catalítica. El Fe^0 granulado tiene una estado de oxidación carga-cero con un área superficial altamente reactiva y como las reacciones dominantes de tratamiento de los COVc están ocurriendo en la interfase Fe^0- agua subterránea, la tasa general de tratamiento de ellos es dependiente también de la tasa de difusión y sus distancias en el suelo tratado. Mientras el suelo tratado con Fe^0 granulado aumenta, la distancia promedio entre las partículas de Fe^0 decrece y la tasa general de tratamiento de COVc se incrementa. La distribución y cantidad efectiva del Fe^0 granulado adicionado en el suelo contaminado debe sobrepasar el requerido calculado bajo una perspectiva estequiométrica; por ello las pruebas de tratabilidad en el laboratorio son realizadas para comprobar y asegurar las reacciones químicas óptimas para el tratamiento, de tal forma que el tipo de Fe^0 más adecuado y su volumen sean seleccionados. Con los resultados y el conocimiento adquirido una prueba piloto en campo debe implementarse para demostrar la decloración efectiva del suelo contaminado. Este manuscrito describe los pasos seguidos para seleccionar el tipo de Fe^0 granulado y sus componentes adicionales; mediante las pruebas de tratamiento de laboratorio y la prueba piloto llevados a cabo en un sitio contaminado con COVc ubicado en la Ciudad de México.

Abstract

New and sustainable remediation technologies for soil and groundwater are being introduced into Mexico. The ability to treatment chemical contamination "in-situ" has proven to be more cost-effective than traditional ex-situ approaches. Granular zero-valent iron (ZVI) can be used in soil-mixing applications for the treatment of chlorinated volatile organics (cVOCs) in-situ. In the subsurface, ZVI is a strong reducing agent that is capable of direct chemical reduction reactions with perchloroethylene (PCE), trichloroethene (TCE) and the other cVOCs present in the subsurface media. Potential dechlorination reaction mechanisms associated with ZVI include beta elimination and catalytic hydrogenation. Elemental ZVI has a zero-charge oxidation state with a highly reactive surface area. Because the dominant cVOC treatment reactions are occurring at the ZVI-groundwater interface, the overall rate of cVOC treatment is dependent on the diffusion rates and diffusional distances within the treated soils. As the ZVI content of treated soils increases, the average distance between ZVI particles decreases and the overall cVOC treatment rate increases. The ZVI loading rates required for effective distribution in soil provide iron concentra-

1. UNAM
2. Corporación Ambiental de México
3. ARCADIS

tions at quantities that exceed what is required from a stoichiometric perspective. Bench-scale treatability testing is conducted to determine the overall kinetics of treatment so that an appropriate ZVI type and concentration can be selected. With this knowledge, a field pilot demonstration can be carried out to establish effective dechlorination on the basis of the bench-scale results under laboratory conditions. This article outlines the steps taken to define appropriate ZVI and amendment additions and the results for bench-scale and pilot-scale testing performed for a site in the greater Mexico City area.

Introducción

Se puede definir como una tecnología de remediación de suelo o agua subterránea "in situ" a aquella que reduce o transforma la concentración tóxica de los contaminantes, en el lugar mismo en donde se encuentran alojados. Múltiples tecnologías "in situ" han sido desarrolladas en las últimas décadas, buscando principalmente que sus resultados se obtengan cada vez más rápido y a menor costo.

Pocos casos de experiencias exitosas de remediación "in situ" de suelo o agua subterránea contaminada por compuestos orgánicos clorados se han publicado formalmente en México. El presente artículo describe la aplicación de la tecnología de remediación "in situ" por reducción química (ISCR por sus siglas en inglés) que se implementa mediante el mezclado de Fe^0, arcilla, cemento tipo Portland y agua con suelo contaminado por compuestos orgánicos clorados.

Descripción de la tecnología ISCR

El agua, el Fe^0 granulado, el cemento tipo Portland y la arcilla bentonítica, son usados actualmente en las aplicaciones de mezcla de suelo para el tratamiento de compuestos orgánicos clorados. En el subsuelo, el Fe^0 es un fuerte agente reductor que es capaz de reacciones químicas directas de reducción con compuestos orgánicos clorados presentes en el medio natural. Por su parte, la arcilla crea un ambiente geohidrológico "de permeabilidad restringida" para inhibir la transferencia de los contaminantes en el suelo hacia el agua subterránea, mientras las reacciones del Fe^0 granulado actúan; por su parte el cemento tipo Portland recobra al suelo consistencia y solidez, después de que éste perdió su estructura natural por el mezclado mecánico.

El proceso se puede describir mejor como una corrosión anaeróbica del metal por parte de los compuestos orgánicos clorados. Durante el proceso el contaminante es adsorbido directamente a la superficie metálica en donde la reacción de decloración ocurre. Mecanismos potenciales de reacción de decloración asociados con Fe^0 incluyen eliminación beta y acción catalítica.

El índice total de tratamiento de ellos es dependiente de los índices de penetración y las distancias de dispersión dentro de los suelos tratados. Mientras el contenido de Fe^0 en suelos tratados aumenta, la distancia promedio entre las partículas de Fe^0 disminuye y el índice total de tratamiento con compuestos órgano clorados aumenta.

La corrosión anóxica del hierro da como resultado hierro ferroso (hierro en el estado de oxidación $^{+2}$) e hidrógeno, conforme a la siguiente reacción propuesta por Furakawa y colaboradores (2002).

$$Fe^0_{(s)} + 2\,H_2O \rightarrow Fe^{2+} + H_2 + 2\,OH^-$$

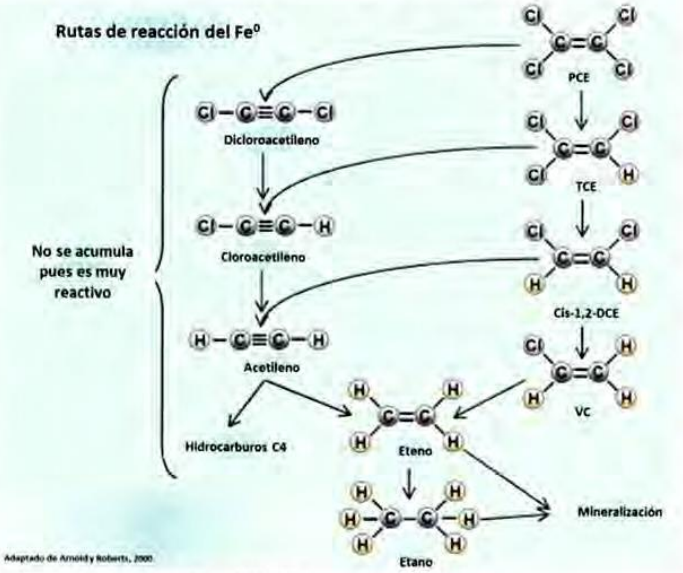


Figura 1. Modelo de rutas de reacción del Fe

El hidrógeno puede ser usado por microorganismos nativos/naturales para apoyar la decloración reductiva microbiana. Por consiguiente, el hidrogeno generado a través de la corrosión del Fe^0 es benéfica para las reacciones naturales de adelgazamiento y para la remediación incluso del agua subterránea.

La adecuada selección del equipo mecánico para un mezclado óptimo y de suministro del reactivo es importante para optimizar el índice de producción de mezclado y para alcanzar una distribución homogénea del reactivo dentro de la matriz del suelo. La reducción química de los compuestos orgánico clorados (como el tetracloroetileno o el triclo-

roetileno, entre otros), con el Fe^0 requiere del contacto directo, que a su vez requiere de una mezcla efectiva del mismo sobre el volumen completo a tratar del suelo contaminado.

Aplicación en un sitio contaminado en la ciudad de México

La contaminación del suelo se ubica en una antigua planta productiva de la zona sur de la ciudad de México. De acuerdo con las investigaciones ambientales llevadas a cabo en el pasado, se utilizaba tricloroetileno (TCE) para limpiar la instrumentación metálica que ahí se producía. El TCE se almacenó en las instalaciones en tambos móviles de 200 litros de capacidad y en dos tanques mayores fijos. A partir de unas fugas en ellos se generó la contaminación del suelo con el TCE. El volumen de suelo impactado estimado fue de 1,383 m^3 en un área de 553 m^2, variando en profundidad desde los 3 m hasta los 8.5 m con respecto a la superficie del suelo.

Fotografía 1. Actividades de muestreo de suelo.

Las observaciones descritas en los registros de perforación indican que el lugar generalmente contiene material de relleno de la superficie del suelo a una profundidad de entre 0.3 y 7 m. Debajo del relleno hay arena intercalada con arcilla y grava. Se ha reportado una capa de arcilla obscura de alta plasticidad a varias profundidades oscilando entre aproximadamente 5 a 8 m, dependiendo de la localización, y se ha considerado que es continua sobre la parte norte del sitio.

Estudio de tratabilidad en laboratorio

Antes de la implementación de la prueba piloto de mezcla de suelo en el área, se llevó a cabo una prueba de laboratorio de tratabilidad, a escala basal, para determinar las concentraciones más bajas de Fe^0, arcilla bentonítica y cemento portland necesarias para alcanzar los objetivos de tratamiento específicos dentro de un plazo razonable. Los objetivos incluyeron el tratamiento con concentraciones inferiores a los límites máximos permisibles y una resistencia de carga mínima de 345 kPa para suelo tratado.

La prueba de tratabilidad se realizó utilizando suelo recolectado en el sitio durante la investigación previa al diseño. Se llevaron a cabo tres fases en la prueba de tratabilidad: en la Fase 1 se hicieron los estudios de los viales, la Fase 2 fue un estudio de la columna, y la Fase 3 fue la prueba de permeabilidad.

Fase 1: Estudios de Vial

Se realizaron estudios de vial para comparar diferentes fuentes de Fe^0 (Peerless 50D, Peerless 50-200 y Connolly LT 1200) y diferentes concentraciones de Fe^0 (1%, 2% y 5% en peso) de una manera rentable. Se construyeron un total de 80 viales. Una vez que el vial de estudio estuvo en funcionamiento, se llevó a cabo el muestreo con secuencia de tiempo en 1, 4, 7, 14, 28 y 42 días usando un método de sacrificio de vial. Los resultados del estudio de vial concluyeron que el Fe^0 Connolly LT 1200 era la selección más rentable. El estudio vial también concluyó que 5% de peso de Fe^0 era excesivo. Las pruebas de la Fase 2 proporcionarían una mayor resolución en los beneficios a una menor dosificación de peso.

Fase 2: Estudios de Columna

Después de que se seleccionó la fuente de Fe^0 con base en los resultados del estudio de los viales, se llevaron a cabo estudios de columna con concentraciones variables de Fe^0 (0.5% y 2% en peso) para demostrar la prueba de concepto en un reactor de columna y proporcionar una mayor resolución para entender los beneficios de 0.5% y 2% en la dosificación de peso. Los estudios de vial de la Fase 1 sugirieron que el 0.5% y 2% en peso serían dosis efectivas, y el 0.5 % en concentración de peso fue seleccionado porque, si era eficaz, requeriría menos hierro cuando se mezclara a gran escala. Una vez que se construyeron las columnas y se mezcló por completo, el muestreo se llevó a cabo en los 2, 14, 28, 58, 85, 155, y 207 días, utilizando los puertos de muestreo preexistentes a lo largo de la extensión vertical de la columna. Para promover la mezcla homogénea del Fe^0 se añadió un objetivo de 1% en peso de bentonita.

Los resultados del estudio de la columna demostraron que tanto las dosis de 0.5% y de 2% en peso de Fe^0 podrían tratar eficazmente aproximadamente 900 mg/kg de TCE en poco más de 50 días, con la dosis de 2% progresando a un ritmo más rápido. Esto indicó que una dosis de 0.5% sería eficaz en el campo desde una perspectiva de tratamiento de TCE y que requeriría un tiempo de tratamiento más largo. La velocidad de primer orden constante [K] para el 2% fue -0.22 por día [d-1] en comparación con -0.07 d-1 para la dosis de 0.5%.

La generación de cis-1,2-dicloroetano (cisDCE) fue más pronunciada en la dosis con peso de 0.5%. La tasa y la eficacia de ISCR con Fe^0 están relacionadas con la interfaz de contacto entre Fe^0 y los compuestos orgánicos clorados. La generación de cisDCE probablemente fue más pronunciada en la dosis con peso del 0.5% porque había menos contacto y más de TCE que fue tratado biológicamente a través de la corrosión anóxica de hierro creando hidrógeno, el cual puede servir como un donador de electrones en apoyo de la decloración reductora biológica. El producto de decloración cisDCE no se espera que se acumule con la reducción química directa con Fe^0, y su generación y persistencia con la dosis de 0.5% es probablemente atribuible a un componente biológico como resultado de la generación de hidrógeno.

La conclusión de la prueba de estudio de columna fue para proceder a la prueba piloto a escala de campo con un 2% de dosis de peso de Fe^0 para tener en cuenta el potencial de ineficiencias de mezcla y generación de cisDCE.

Fase 3: Prueba de Permeabilidad

La conductividad hidráulica de las columnas se determinó para proporcionar una indicación del cambio en la permeabilidad, como resultado de la tecnología de mezcla de suelo y el enfoque de remediación. Los datos indican que la conductividad hidráulica de base fue de aproximadamente 6.9×10^{-7} centímetros por segundo (cm/s) y la conductividad hidráulica de la muestra tratada osciló entre 9.1×10^{-7} a 1.1×10^{-6} cm/s. Como parte de la mezcla de Fe^0, se añadió arcilla bentonítica para evitar que el Fe^0 se sedimentara fuera de la suspensión. En el suelo más permeable, la bentonita puede causar una reducción de la permeabilidad de las condiciones ambientales. Para suelo del sitio utilizado en esta prueba de tratabilidad, la bentonita no redujo la permeabilidad y la mezcla de la tierra aumentó ligeramente la permeabilidad.

El transporte de contaminantes a través de los medios porosos del suelo se ve influenciado por las heterogeneidades que por lo general resultan en lentes de movilidad anisotrópicos ("vías preferenciales"). Esto sugiere que mientras que un poco de suelo natural puede tener una conductividad hidráulica de 6.9×10^{-7} cm/s, otros intervalos aislados pueden tener una conductividad hidráulica muy superior. La homogeneización a través de mezcla de suelo se traducirá en una mayor conductividad hidráulica que es de varios órdenes de magnitud menor que el de las "vías preferenciales" y, por tanto, una ligera reducción de la conductividad hidráulica con esta muestra específica no es motivo de preocupación porque el flujo de las aguas subterráneas es principalmente a través de las vías preferenciales y estos serán eliminados efectivamente desde adentro de la zona tratada.

Sobre la base de los resultados exitosos de las pruebas de tratabilidad, la prueba piloto de mezcla del suelo a escala de campo estuvo dirigida al uso de 2% de Fe^0, 1% de arcilla bentonítica y 2% de cemento tipo Portland (CP). El CP se utiliza para la parte superior de la zona de tratamiento principalmente.

Fotografía 2. Delimitación del área superficial para la prueba de la tecnología.

Fotografía 3

Fotografía 4

Fotografías 3 y 4. Preparación del terreno: remoción de cubierta vegetal y suelo no contaminado.

Fotografías 5 y 6. Mezclado de suelo con reactivos mediante equipo de perforación.

Prueba piloto de la tecnología en el sitio

La prueba piloto de la tecnología en el sitio se desarrolló en un área cuadrada de 3 m por lado y un intervalo de profundidad de 3.5 m a 8.5 m con respecto a la superficie del terreno; pues se consideró dentro de la caracterización ambiental como la óptima para la demostración de la tecnología, al registrarse concentraciones de interés.

En la fotografía 2 se puede apreciar el área en la que se realizó la prueba piloto de campo, la porción superior (hasta los 3.5 m) no contaminada fue retirada mediante el uso de una retroexcavadora.

Fotografía 7. Empleo de una báscula para asegurar el peso que correspondió a la dosis inyectada de solución preparada.

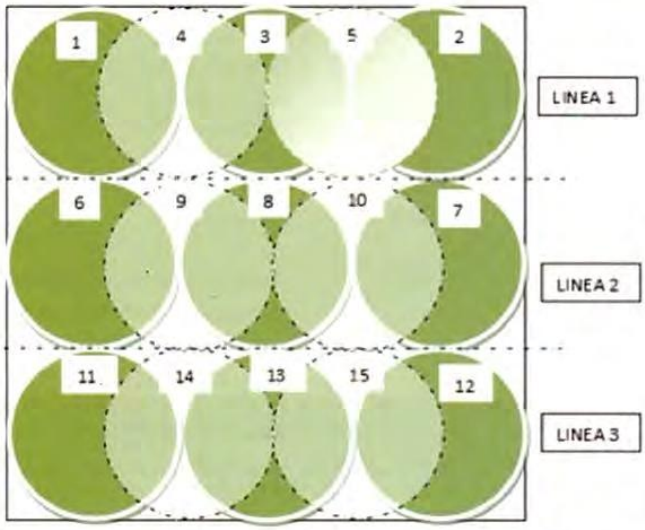


Figura 2. Secuencia de los cilindros realizados. Los circulos con linea interrumpida indican puntos de mezcla sin inyección de soluciones.

Las actividades de mezclado del suelo con los reactivos, en campo, se llevaron a cabo utilizando una perforadora-piloteadora marca Spiradrill, modelo MHD 60 con barrenos de acero sólido helicoidal de 1 metro de diámetro.

En la Figura 2 se indica la secuencia de mezclado; el patrón diseñado para ello garantiza que la mezcla es homogénea en toda el área tratada, tanto horizontal como verticalmente.

El arreglo generado, permitió realizar el mezclado en secciones, inicialmente en cuadrantes de 1 x 1 metros, posteriormente se siguió la línea hasta cubrir un área de 1 x 3 metros, al concluir la primera línea se realizaron cilindros intermedios (2) con la intención de mezclar el suelo que pudo no haber sido mezclado. Concluida la mezcla de soluciones de la primera línea, se dio continuidad en la segunda y se concluyó en la tercera.

A PROFUNDIDAD

La dosificación o aplicación de la solución se efectuó mediante cucharones, trasvasando el Fe^0 y la arcilla bentonítica, mediante una báscula de plataforma se controlaron los pesos. Concluido el pesaje se suministraron las dosis en tambos con los litros de agua correspondiente.

En los 3 primeros cilindros (1, 2 3/Linea 1) se suministraron 2 lotes de la siguiente solución:

- 35 * 2 = 70 kg de bentonita
- 70 * 2 = 140 kg de Fe^0
- 100 * 2 = 200 L de agua

A partir del cilindro 6/Línea 2, se observó un ligero incremento de volumen de suelo debido a la remoción de la Línea 1, así como a la presencia de agua subterránea localizada a poca profundidad (- 2.50 m), bajo estas condiciones se decidió modificar la dosis de la línea 2, con un 21.40 % adicional de bentonita y 7 % más para el hierro. En el caso de la Línea 3 se incrementó la dosis a un 35.71 % para ambos compuestos. En la Tabla 1 se exponen los eventos de inyección por número de cilindro.

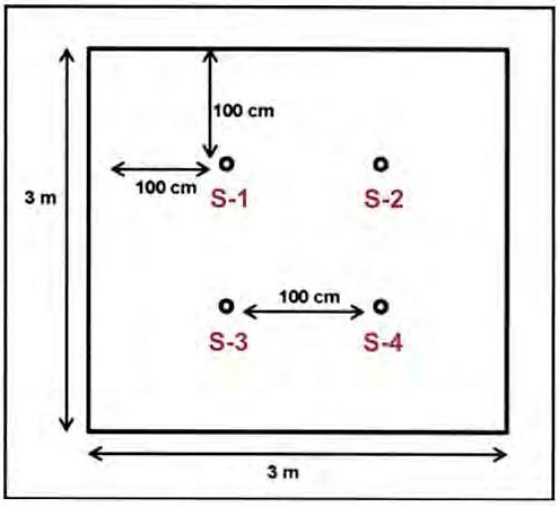


Figura 2. Retícula de monitoreo para la celda de tratamiento.

# Cilindro	Bentonita Kilogramos	Fe° Kilogramos	Agua Litros
1	70	140	200
2	70	140	200
3	70	140	200
6	85	150	200
7	85	150	200
8	85	150	200
11	95	190	200
12	95	190	200
13	95	190	200
Total	**750**	**1440**	**1800**

Tabla 1. Dosificación y control de reacción - cantidades suministrados durante los trabajos de campo

Al finalizar la mezcla en cada cilindro, personal de CAM colectó 2 muestras (intermedia y base) para confirmar que la solución fue mezclada homogéneamente. El método empleado para la toma de las muestras consistió básicamente en introducir tubería de PVC de 2" de diámetro hasta la profundidad requerida mediante empuje, una vez recuperada la columna, se seleccionó la parte de interés para determinar el contenido de Fe^0.

Las actividades realizadas para la determinación del contenido de hierro, consistieron en pesar determinada

Tabla 2. Comportamiento del TCE y pH antes y después de la implementación de la tecnología de mezclado de suelo con Fe^0.

Fecha de muestreo	03/05/2013	20/06/2013	11/09/2013	11/10/2013
Sondeo 1-6 metros TCE	1,962.42	7.161	0.008	0.008
Sondeo 1-6 metros pH	8.195	7.528	7.056	7.718

Nota: Unidades de TCE en mg/kg

cantidad de muestra, secar la muestra con ayuda de un horno portátil y tamizado con malla 10 x 20 de diámetro promedio de 9 mm. Posteriormente, se recuperó el hierro con imanes y se obtuvo el resultado por diferencia de pesos.

Comprobación de la prueba piloto

Con la finalidad de reconocer la efectividad de los reactivos en la oxidación-biodegradación de los compuestos orgánicos clorados, se estableció un programa de monitoreo del suelo mezclado. Es decir, se implementó un muestreo de línea base para establecer las concentraciones del pre-mezclado (3 de mayo de 2013) y posterior a la implementación de la tecnología de mezclado se llevaron a cabo 3 eventos de monitoreo, los días 20 de junio, 11 de septiembre y 11 de octubre de 2013.

Las muestras de suelo fueron recolectadas sistemáticamente de cuatro sondeos ubicados en la disposición mostrada en la figura 2; en cada sondeo se recolectaron 3 muestras a los 5, 6 y 7 m de profundidad con respecto a la superficie.

La efectividad de la reducción-biodegradación se ejemplifica en la tabla 2 en donde se muestran los valores de TCE y el pH para el sondeo S1 a los 6 metros de profundidad.

Por otra parte, el pH de la celda de mezclado indica claramente que tiende a la neutralidad, bajando en una unidad después de la aplicación de la tecnología, pero manteniéndose estable a través del tiempo; es decir, no hubo un cambio significativo que impidiera la implementación de la tecnología debido a valores anómalos del pH.

Conclusiones

De conformidad con las actividades y las observaciones realizadas durante todas las fases del trabajo en campo, así como a los resultados de laboratorio de las muestras colectadas en las áreas de interés durante los períodos de monitoreo, se concluye que la aplicación de la tecnología ISCR implementada en suelo contaminado con compuestos orgánicos clorados en un sitio localizado en la Ciudad de México, ha mostrado su efectividad, por lo que se anticipa que esta tecnología, basada en el uso del hierro valencia cero puede representar una buena opción para la remediación in situ de sitios contaminados que se encuentran en México.

Referencias bibliográficas

- Furakawa,Y., J.-W. Kim, J. Watkins, and R.T. Wilkin, 2002. Formation of ferrihydrite and associated iron corrosion products in permeable reactive barriers. Environmental Science & Technology, Volume 36, Number 24.
- Suthersan, S.S., 1997. Remediation Engineering, Design Concepts. Lewis Publishers, 362 p.
- Suthersan, S. S., and Payne, C.F., 2005. In Situ Remediation Engineering. CRC Press, 511 p.
- William A., A., and Roberts L., A., 2002. Pathways and Kinetics of Chlorinated Ethylene and Chlorinated Acetylene Reaction with Fe(0) Particles. Environmental Science & Technology, Volume 34, Number 9.

CONSEJO DIRECTIVO NACIONAL

PRESIDENTE
Dr. Manuel Reyes Cortés

VICEPRESIDENTE ADMINISTRATIVO
Ing. José Pérez Reynoso

VICEPRESIDENTE TECNICO
Ing. Francisco Cendejas Cruz

VICEPRESIDENTE EDUCATIVO
Dr. Rodolfo José de J. Corona Esquivel

VICEPRESIDENTE REL. GOBIERNO Y ASOCIACIONES

SECRETARIO
Ing. David Cárdenas Flores

TESORERO
Ing. Luis Nolasco Vargas

COORDINADORES REGIONALES
Ing. Luis Felipe Novelo López
M.C. José Carlos Rivera Castro
Ing. Benjamin F. José Martínez Castillo
Ing. Carlos Cham Dominguez

JUNTA DE HONOR
Ing. Enrique Gómez de la Rosa
Ing. Alfonso Martínez Vera
Ing. Amador Osoria Hernández
Ing. Sergio Trelles Monge
Ing. José Martinez Gómez

GERENTE GENERAL
Lic. César Vázquez Talavera

www.geomin.com.mx
asociación@aimmgm.org.mx
Tels. 5543-9130 al 32
Fax: 5543-9005

MENSAJE DEL PRESIDENTE

Teniendo el privilegio y la grata oportunidad de dirigirnos a toda la comunidad minera a través de nuestro órgano difusor y conscientes de que indudablemente nos quedará un cúmulo de conceptos que no sería posible plasmar en este pequeño pero apreciado espacio, nos concretamos a presentar un extracto resumido de las actividades que con gran dedicación y profesionalismo logramos los integrantes de este CDN 2014-2016, a reserva de presentar un informe detallado durante el proceso de entrega – recepción de la administración.

Convenios. - Fomentar la superación profesional de nuestros agremiados ha sido uno de los principales objetivos; consecuentemente, nos dimos a la tarea de establecer convenios de colaboración científica y académica con universidades y tecnológicos de los estados que cuentan con una minería predominante como son: UNISON, U Tecnológica de Cananea, UACH, U de GTO., U de Dgo., U Tecnológica de Zacatecas, UAZ, U de HGO., además de los convenios firmados con anterioridad con otras instituciones de educación superior. Para tal efecto, se cuenta con un staff de conferencistas de reconocido prestigio nacional e internacional, algunos de ellos son distinguidos socios de nuestra agrupación y continuamente se encuentran impartiendo cursos, conferencias o diplomados en los diferentes distritos que los solicitan. Otro convenio fue firmado con la American Institute of Professional Geologists (AIPG) y hará posible mayor acceso a conferencistas extranjeros, mayor flujo de convencionistas y sobre todo, la certificación de socios geólogos.

Publicaciones y Redes.- Además de la revista Geomimet, que ha mejorado la calidad de sus artículos, se mantiene actualizada la versión pdf y la versión electrónica en el portal de la Asociación; en este mismo portal se abrió la Galería de Socios Ilustres. Se han publicado las reediciones corregidas y aumentadas de "Mi México es minero" y "La minería en nuestra vida diaria", se ha reimpreso la tradicional publicación "Las Minas de Mexico", editado las "Memorias de la XXXI Convención internacional de minería" e impreso la Guía de Excursiones Geológicas dedicada la evolución volcanotectónica del Noroeste de México durante el Cenozoico,

En cuanto al Proyecto para posicionar la buena imagen de la minería en la sociedad, nuestra presencia en redes sociales reporta un continuo aumento en el número de seguidores en Twitter y en Facebook así como en Radio Minería. Ya se tienen las pruebas del cortometraje titulado "Amor a la minería; la piedra que ilumino mi tierra" video en formato amigable para redes. Asimismo, estamos participando en un proyecto mayor con la Camimex

Relaciones.- Con la intención de reforzar las relaciones con diferentes organizaciones gubernamentales, privadas, nacionales e internacionales, se realizaron reuniones con CAMIMEX, UMAI, CMIC, ICIC, CIMMGM, CIGM, Academia Mex. de Ing., Servicio Geol. Mex., Coord. Gral. De Min., SEMARNAT, SEDATU, Com. Nal. De Seguridad, así como con las embajadas de Noruega, Canadá, Chile y Panamá. Con el AIPG, la Society for Mining, Metallurgy & Exploration Inc. (SME) y el Organismo Latinoamericano de Minería (OLAMI).

Continua...

Foros.- Continuando con el capítulo de relaciones con otros organismos, queremos informar que tuvimos una activa participación en la revisión de la NOM-141-SEMARNAT-2003 que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio; en el Primer Encuentro Sector Minero y Sector de la Construcción, organizado por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción; en el Foro de Cambio Climático de la SEMARNAT; en el XXIV Congreso Internacional en Metalurgia Extractiva, realizado por la UNISON; en el PDAC de Toronto Canadá; en los cursos organizados por la Comisión Nacional de Seguridad de la Sec. De Gob. Y en el Cuarto Foro de Rocas Dimensionables e Insumos Minerales para la Industria Cerámica y Vidriera, organizado por el Gobierno de San Luis Potosí, exponiendo siempre los objetivos básicos de nuestra Asociación.

Estatuto. - En la difícil tarea de adecuar el reglamento estatutario con los requerimientos actuales de nuestra Asociación, se logró un sustancial avance. Destacan los protocolos para los Premios Nacionales, la Convención Internacional, y los seminarios de los distritos, así como las modificaciones al Código de Ética. Por otra parte, se trabajó arduamente en la preparación, redacción y autorización de 10 diferentes protocolos que normarán los reglamentos y procedimientos para el buen desempeño de las actividades administrativas tanto del CDN como de los distritos. Entre los más importantes destacan los protocolos para el uso del Fondo técnico, el Fondo de becas, el de defunción, el de infraestructura y el Manual de procedimientos para ingresos y gastos en los distritos.

XXXI Convención Internacional. - Se demostró una vez más que la Convención Internacional de Minería organizada por la AIMMGM es el máximo evento de conjunción de la comunidad minera en México. Es claro que nos sentimos orgullosos de todos y cada uno de los eventos realizados en esta convención, en los que se rompieron algunos récords, como la asistencia de 3.000 personas al evento de inauguración y el registro de más de 12.000 asistentes a lo largo de todo el evento. Nos sentimos satisfechos de las conferencias magistrales encabezadas por un ex presidente de México y una ex secretaria del tesoro de los Estados Unidos de América, los éxitos del pabellón infantil y la carrera minera y por supuesto de que, a pesar de la baja en los precios de los metales y la situación arancelaria del país, se logró una recaudación de más del 30% por encima de la recaudada en la anterior Convención.
También felicitamos a los organizadores de los seminarios, congresos y conferencias de minería en los distritos de Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Las Truchas en Ixtapa, Durango, Guanajuato y San Luis Potosí, porque con sus eventos contribuyen a reafirmar la importancia de la industria minera mexicana en el ámbito mundial.

Distritos. - El apoyo a los distritos empieza por la información transparente para que todos los socios estén enterados que forman parte de una gran agrupación, que les pertenece y que pueden usufructuarla si cumplen con los ordenamientos estatutarios correspondientes. Se logró la creación o reactivación de 12 distritos más para hacer un total de 42 distritos activos, con una membresía de casi 4,000 socios al 31 de diciembre de 2015.
Indudablemente, se cuenta con la mejor comunicación y una relación de colaboración de primer orden con los Consejos Directivos Distritales, a la mayoría de los cuales visitamos una o varias veces, según sus necesidades o asuntos urgentes. En todos ellos siempre se logró la conciliación respecto a situaciones internas logrando que en la actualidad todos los distritos estén trabajando en armonía.
Por último, como es de su conocimiento, en pocos días se llevarán a cabo los comicios para designar al nuevo Consejo Directivo Nacional de nuestra Asociación, por lo que deseamos el mejor de los éxitos a los integrantes de la planilla ganadora y estaremos entregando la administración con la satisfacción de haber colaborado hasta el máximo de nuestras capacidades para cumplir con los objetivos trazados.
A la nueva administración le ofrecemos la firme promesa de que contará con nuestro respeto absoluto para sus actividades o con nuestro apoyo irrestricto si lo solicita.

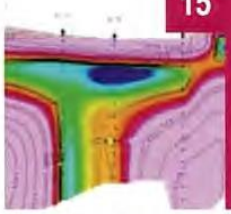
SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES:

Geomin México

@GeoMinMx

CONTENIDO

mayo / junio



15 *Diseño de la sobreelevación de un deposito de jales mediante el uso de parámetros de resistencia obtenidos con el Dilatómetro Sísmico de Marchetti (SMDT)*
Por: José Vioel Espino Ruiz

27 *Uso del Hierro de Valencia Cero (Fe^0) para la Remediación de Suelos Contaminados con Compuestos Orgánicos Clorados*
Por: Jerjes Pantoja Irys, Hugo Mújica Sánchez, Irwin Fabian Gutiérrez Fernández y Mark Wagner

39 *La Entrevista*
Lic. José Ricardo López Pescador

47 *Actualidad Minera*
- Imagen de la Minería (Reflexiones) Por: Francisco Querol
- El subsuelo no es de la nación Por: Federico Kunz
- Noticias legales de interés para la minería Por: Karina Rodríguez
- Bitácora Minera

63 *Notas Geomimet*
- XI Conferencia Internacional de Minería

77 *Nuestra Asociación*
- **Décimo primera Reunión CDN**
- **Nuestros Distritos**
- **Obituario**

Índice De Anunciantes

5	Akron
84	Ameco
25	Amsu
1	Astralloy
43	Atlas Copco Mexicana
36	Austin Bacis
34-35	Chevron
2	Citland
4	Comex
62	Condumex
84	Corporación Ambiental
8	Drilar, Co
4A de forros	Dyno Nobel
37	Eaton Technologies
56	Exxon
9	Flsmidth
46	Global Sat
3	Grupo México
49	Inventec
50	Joy Global
57	Kaltire
83	Maclean
26	Maptek
49	Martin Engineering
55	Meltric
10	Metso México
2A de forros	Orica
44-45	Peñoles
6-7	Phoenix
2	Polilainer
38	Química Teutón
46	Refacciones Neumáticas la Paz
3A de Forros	Sandvik Mining
76	Timken
104	Xlem

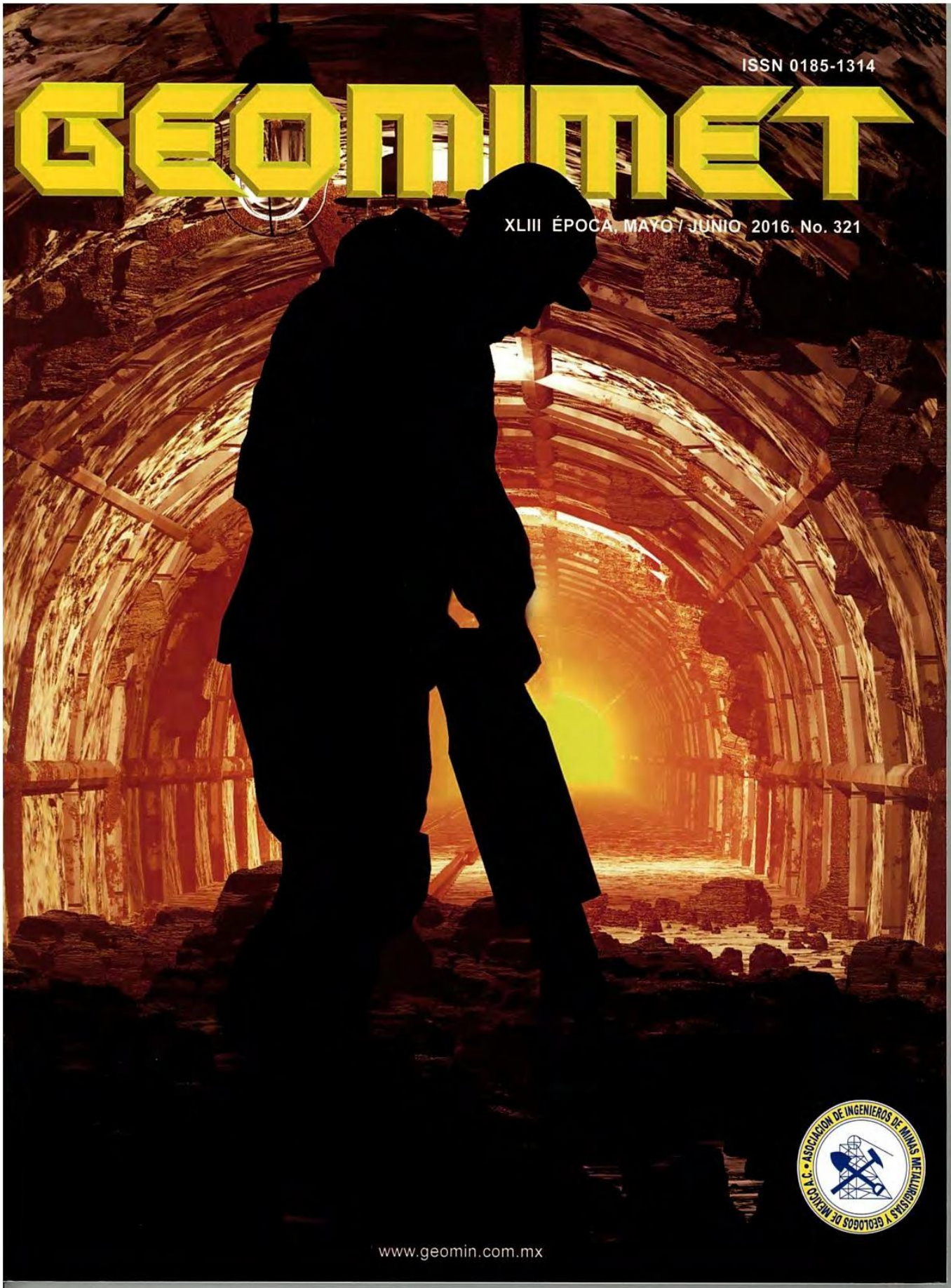
GEOMIMET. Año XLIII, No. 321, mayo - junio 2016, es una publicación bimestral publicada por la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. Av. Del Parque No. 54, Col. Nápoles, C.P. 03810, México, D.F. HYPERLINK "http://www.geomin.com.mx/"www.geomin.com.mx, HYPERLINK "http://us.mc1616.mail.yahoo.com/mc/compose?to=asociacion@aimmgm.org.mx"asociacion@aimmgm.org.mx. Editor responsable: Alicia Rico Méndez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2011-060609365500-102, ISSN: 0185-1314, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derechos de Autor. Licitud de Título No. 13012, Licitud de Contenido No. 10585, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Permiso SEPOMEX No. PP09-0016 Impresa por Grupo Ajusco, José María Agreda y Sánchez No. 223, Col. Tránsito, C.P. 06801, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F., este número se terminó de imprimir el 3 de junio de 2016 con un tiraje de 3,500 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 la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.

ISSN 0185-1314

GEOMIMET

XLIII ÉPOCA, MAYO / JUNIO 2016. No. 321



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DE MINAS METALURGISTAS Y GEÓLOGOS DE MÉXICO A.C.

www.geomin.com.mx