

# Deficiencias en el uso de Geosintéticos para la impermeabilización de rellenos sanitarios en México

Aportado por  
Ing. José Juan Morelos Reyes

## INTRODUCCIÓN

En específico, la instauración de un relleno sanitario, adecuadamente diseñado, construido y operado, evitará la creación de más pasivos ambientales en la forma de tiraderos a cielo abierto (sitios no controlados, conforme a la terminología actual), así como su posterior y oneroso saneamiento o remediación.

Es importante mencionar que hoy los sistemas de impermeabilización con materiales Geosintéticos, son un método suplementario para lograr el nivel decretado de protección ambiental para los rellenos sanitarios, conforme a lo que se especifica en el inciso 10.5.7 de la NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004).

A partir 1985 (OPS, 1998), cuando se inauguró el icónico Bordo Poniente, considerado el primer relleno sanitario de este país, que solo hasta casi 10 años después incorporó el uso de geomembrana para la protección del subsuelo, en su cuarta (IV) y última etapa (KOKUSAI KOGYO CO., LTD., 1999) y luego 1992 (Morales, 1992), cuando se inauguró el relleno sanitario municipal de Benito Juárez (Cancún), en Quintana Roo, primer relleno sanitario impermeabilizado desde su inicio con Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE, por sus siglas en inglés), el número de sitios oficialmente declarados como rellenos sanitarios, se ha incrementado de forma exponencial hasta llegar a 95 (Velasco & León, 2008) y sin embargo aún suena parco y refleja insuficiente capacidad acumulada para las más de 107 mil toneladas diarias de residuos sólidos urbanos que actualmente se generan en la nación (INE - SEMARNAT, 2006). Sin embargo, de esos 95 sitios, sólo 10 son clasificados como buenos (GTZ, 2003), aunque ninguno cumple con el 100% de los requisitos establecidos por la citada NOM-083-SEMARNAT-2003.

Por otra parte, el uso de materiales Geosintéticos para la contención de residuos, con una perspectiva de protección ambiental existe en el mundo desde principios de la década de los 80's del siglo pasado (BOU-AZZA, ZORNBERG, & ADAM, 2002) y jugará un papel importante en la imprescindible elevación del nivel tecnológico de nuestros futuros rellenos sanitarios.

En nuestro país, ya se han utilizado muchos tipos de Geosintéticos, sobre todo en las funciones siguientes refuerzo, filtros y separadores, revestimiento impermeable, drenaje y otros; Por supuesto seguirá expandiéndose su uso, conforme los fabricantes desarrollen nuevos materiales o mejoren los existentes, sin embargo el presente trabajo se enfoca en

su uso como sistema de revestimiento impermeable y para los materiales convencionalmente usados dichos sistemas, es decir Geomembrana HDPE y Geotextil de Polipropileno.

## DISEÑO DEFICIENTE

En esta etapa, es importante no perder de vista el concepto de que un sistema de impermeabilización debe ser un continuo, para que funcione adecuadamente y que cualquier falla o ruptura en los materiales que lo conforman, lo convierten en un discontinuo, disminuyendo su desempeño, hasta incluso llegar a inutilizarlo. También es necesario recordar que estos sistemas sólo se colocan para recubrir el área y con ello evitar al máximo la infiltración de líquidos al subsuelo, por lo que las pendientes de los taludes no se relacionan con el uso de estos sistemas y dependen exclusivamente de las características de los materiales del sitio, que deben ser determinadas a través de los correspondientes estudios geotécnicos. El criterio, es que la pendiente debe ser estable por sí misma. En varios casos en México, se ha impermeabilizado rellenos sanitarios con paredes prácticamente verticales, lo cual somete a una mayor tensión el polietileno, obligando a un diseño especial para que la geomembrana cumpla su función adecuadamente; Es de mencionar que el riesgo que corren los instaladores es mayor y el grado de dificultad de la instalación también. Desgraciadamente se sabe que muchos de estos proyectos no incluyen los análisis correspondientes que garanticen la integridad del Geosintético, ni la estabilidad de las pendientes y con el tiempo se llega a ver girones de geomembrana, que no resistieron la tensión, por los motivos antes expuestos, colgando en esas paredes verticales. Cuando no se tienen elementos de juicio de estudios geotécnicos completos para realizar el diseño, es preferible sujetarse a la regla general empírica de utilizar solo los gradientes que se encuentren por debajo de la pendiente máxima de  $3H / 2V$  (Siplast, 2008).

Una omisión común en los proyectos de rellenos sanitarios en México, es el diseño del sistema de anclaje para la geomembrana, que además de fijar el geosintético en su lugar, tiene la función de prevenir su ruptura por tensión y evitar que tanto el aire como el agua puedan penetrar bajo la geomembrana y para ello es necesario calcular, en función de las características del subsuelo, la geometría de las estructuras a impermeabilizar y las características del material con que ha sido fabricada la geomembrana, la longitud de entrega [hombro de talud] (L) requerida antes de la trinchera de anclaje, así como la profundidad de dicha trinchera (dAT). En la mayoría de los casos, ni siquiera se especifican estas dimensiones y mucho menos se presentan las correspondientes

memorias de cálculo, reproduciendo valores copiados de proyectos para algún otro sitio, con características distintas que posteriormente y a fuerza de su uso, se convierten en cifras mágicamente “autorizadas”, pero sin sustento.

Un aspecto más que se reproduce como “receta de cocina” en los proyectos de relleno sanitario, es el sistema de protección contra pinchazos. En algunos casos únicamente se especifica que debe utilizarse un geotextil, en otros la implementación de este tipo de Geosintéticos, es más bien una recomendación empírica del distribuidor o del instalador, pero en muy pocos casos se presentan memorias de cálculo para la masa por unidad de área (M) del geotextil requerido y del factor de seguridad (FS) contra pinchazos para el geotextil seleccionado conforme al cálculo de la masa por unidad de área.

Además, en la mayoría de los proyectos se especifica indistintamente, geomembrana de 40 mil's (milésimas de pulgada) = 1mm, sin existir memoria de cálculo para determinar el espesor de la geomembrana (tgm), que igualmente depende de diversos factores entre los que se encuentra la altura de residuos que se colocará sobre la geomembrana, el tirante máximo permitido para el lixiviado y la altura y pendiente de los taludes laterales.

En la actualidad es relativamente sencillo resolver los problemas matemáticos que implican estos detalles, gracias a la disponibilidad de herramientas para el Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés), tales como paquetes de software especializado y calculadoras en línea, por lo que ya no debieran aceptarse proyectos con valores surgidos mágicamente o basados en costumbres y prácticas equivocadas o no específicas.

Más allá de las repercusiones económicas y de prestigio que estos errores u omisiones pudieran tener, está la responsabilidad profesional, ética y legal que pudiera resultar en caso de riesgos a la salud del ser humano, cuando se contaminan cuerpos de agua o áreas agrícolas y ganaderas, al fallar los sistemas de impermeabilización.

## SUMINISTRO

Hay proveedores que no acostumbran entregar los rollos de Geomembrana claramente rotulados, identificando el producto y el fabricante, las dimensiones, el peso y el número de lote de fabricación.

En algunos casos que se pueden considerar fraudulentos, abusando del desconocimiento de los clientes, se suministra Geomembrana de Polietileno de Media Densidad (MDPE), en vez de la Geomembrana HDPE, que además de tener un menor costo, comprende propiedades mecánicas, atributos y limitaciones significativamente diferentes, dado que las diferencias físicas entre ambos tipos de geomembrana (MDPE y HDPE) no son fácilmente perceptibles a simple vista, este tipo de suministro, de los considerados fraudulentos, puede ser evitado solicitando los certificados de calidad de la resina expedidos por el fabricante que incluya además información, la identificación del producto, dimensiones, peso y número de lote ya mencionados. Pudiendo hacer todo esto fácilmente a través del internet.

## INSTALACIÓN

El primer problema que normalmente se presenta en esta etapa, es de relaciones humanas entre los integrantes de las cuadrillas de instalación y los supervisores, argumentando los primeros, que por sus años de experiencia no aceptan que una persona “desconocida” les diga como hacer su trabajo. Igualmente se dan fenómenos de supervisión complaciente con el aspecto de las condiciones de geometría, tersura de la superficie, eliminación de punzocortantes y algo muy importante, las condiciones geotécnicas del substrato a cubrir. De no controlarse estas circunstancias oportunamente se presentarían en la obra problemas de acumulación de vapor o gas bajo la Geomembrana, formando lo que en el lenguaje del medio se conoce como “ballenas”, una vez que esta ha sido instalada.



Otros errores observados son falta de limpieza en la zona de trabajo de la termofusión o extrusión, anclajes provisionales con estacas metálicas, uniones inadecuadas, sobrecalentamiento o subcalentamiento en el proceso que genera uniones imperfectas. Tema también de estas fallas son las arrugas excesivas en cantidad y dimensión que de no ser minimizadas (se acepta su presencia debido a la enorme capacidad de elongación y contracción de la geomembrana al reaccionar por temperatura) se convertirían en pliegues que formarían posibles líneas de fuga, vulnerando el sistema de impermeabilización que una vez sepultado bajo los residuos, será prácticamente imposible de reparar.





## LA CALIDAD

La experiencia nos indica que el mejor diseño no necesariamente garantiza una obra y un servicio exitoso en la disposición final de residuos, a menos que la construcción y operación del relleno sanitario se circunscriban en el marco de la calidad y su aseguramiento, en cada una de sus etapas.

En los países desarrollados ya existen guías de procedimientos para cada una de las etapas en la instalación de Geosintéticos, cuya funcionalidad está probada y que podrían adecuarse, para su aplicación en México y también se definen y describen las pruebas que deben realizarse tanto en campo, como en laboratorio para garantizar la calidad del trabajo ejecutado, por lo que igualmente pueden adecuarse para implantarlas en nuestra nación.

## ASPECTO LEGAL

Los tomadores de decisiones en México, frecuentemente se interesan en las nuevas tecnologías para eliminación de residuos, utilizadas en los países industrializados, creyendo que estas representan la mejor solución, sin ser conscientes aparentemente que detrás de dichas tecnologías, en esos países siempre existen estándares definidos legalmente, de los que en México todavía carecemos, hasta para la más sencilla de las tecnologías para la eliminación de residuos (el relleno sanitario), que

en otros países son seguidos al pie de la letra en todas las etapas de un proyecto.

Esto queda de manifiesto en el hecho de que la NOM-083-SEMAR-NAT-2003 (SEMARNAT, 2004), permite el uso de obras de ingeniería, tecnologías y sistemas para obtener efectos equivalentes a los que se obtendrían del cumplimiento de lo previsto en este instrumento legal y con ello se justifica el uso de sistemas de impermeabilización a base de Geosintéticos, donde las condiciones naturales del suelo no cumplen lo previsto en la norma, sin embargo, tal como se ha propuesto en varios proyectos de relleno sanitario en el país, el simple uso de geomembrana HDPE, sin memorias de cálculo para su espesor, sin un adecuado sistema de protección contra pinchaduras y sin una superficie de desplante convenientemente preparada, puede proporcionar un medio sumamente económico de cumplir el requisito legal, pero sin obtener el nivel adecuado de protección realmente requerida, ya que dicha norma no precisa los estándares que en este campo definirían dicho nivel de protección.

Bajo el esquema de competencia que impera en el mundo y del que México no es la excepción, la normalización y certificación juegan un papel fundamental para unificar los criterios a seguir y para obtener la confianza necesaria de la calidad de los productos que se aplican y los servicios que de ello se derivan. En los países desarrollados, la ruta del éxito se mantiene mediante normas de calidad cada vez más altas, así como mediante el continuo establecimiento de nuevos estándares de innovación tecnológica, confiabilidad y rendimiento. En este sentido es necesario elaborar Normas Oficiales Mexicanas (NOM), así como Normas Mexicanas de Sistemas de Calidad (NMX-CC) para el uso de Geosintéticos en rellenos sanitarios e incluso en cada estado de la república, debiera promoverse la elaboración de las Normas Técnicas Estatales (NTE), en esta materia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es necesario impulsar la superación de la calidad técnica de los proyectos ejecutivos de relleno sanitario, ya que los controles y enmiendas que se puedan llevar a cabo durante la etapa de construcción, no pueden compensar de ninguna manera los errores u omisiones de diseño, sin que ello implique acciones correctivas que serán costosas en tiempo y recursos o que en su defecto condenarán a las obras resultantes a no cumplir con su función primordial de proteger al ambiente y los recursos naturales o incluso poner en riesgo la seguridad de las instalaciones y sus usuarios o vecinos.

Igualmente es necesario hacer legalmente obligatoria la supervisión de estas obras, así como someter a la revisión y evaluación de personal experto en el área específica, este tipo de proyectos.

Dada la cantidad y tipo de incidentes que involucran acciones y posturas potencialmente fraudulentas de algunos distribuidores e instaladores de Geosintéticos, que pudieran dañar significativamente la imagen del gremio, se sugiere la preparación e implementación de un Código Deontológico, de observancia obligatoria, así como la negociación ante las instituciones encargadas de contratar este tipo de obras, para que se



haga obligatoria la contratación de supervisión especializada y se comience a exigir a través de cláusulas específicas en los contratos, que los responsables de ejecutar la instalación de materiales Geosintéticos, cuenten con certificación como instaladores.

Es importante promover la erradicación de procedimientos informales basados en costumbres y prácticas erróneas, a la vez que se implementa y exige, la aplicación de procedimientos de aseguramiento de la calidad.

Resulta urgente promover la promulgación de guías y estándares de calidad para el uso de Geosintéticos y complementar el marco legal vi-

gente, para subsanar los vacíos que por el momento permiten la aceptación de trabajos carentes del soporte técnico y calidad, que garanticen la excelencia que exige la competitividad del mundo globalizado en que habitamos.

En un campo complejo y multidisciplinario como el diseño de rellenos sanitarios, resulta prácticamente imposible manejarse bajo normas, códigos o estándares únicamente de carácter local, por lo que se hace necesario también adoptar normas reconocidas internacionalmente, que cubran los aspectos fundamentales del aseguramiento de la calidad, legalizando su uso y obligatoriedad.

## REFERENCIAS

BOUZZA, A., ZORNBERG, J., & ADAM, D. (2002). Geosynthetics in waste containment facilities: recent advances. *Geosynthetics - 7th ICG* (págs. 445-507). Nice: Delmas, Gourc & Girard (eds).

Daniel, D. E., & Koerner, R. M. (1995). *Quality Assurance and Quality Control for Waste Containment Facilities*. National Risk Management Research Laboratory, Research and Development. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency (EPA).

GTZ. (2003). *La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos* (Primera ed.). (A. d. (GTZ), Ed.) México, DF, México: Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental - Agencia de Cooperación Técnica Alemana.

INE - SEMARNAT. (2006). *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos* (Primera ed.). México, DF, México: Instituto Nacional de Ecología (INE).

KOKUSAI KOGYO CO., LTD. (1999). *El Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos*. Gobierno del Distrito Federal (GDF). México, DF: Japan International Cooperation Agency (JICA).

Morales, J. (1992). *Diseño de un Relleno Sanitario para el Municipio de Benito Juárez*, QR.

México, DF, México: Ingeniería para el Control de Residuos Municipales e Industriales, S.A. de C.V. (INCREMI).

OPS. (Febrero de 1998). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en la Zona Metropolitana del Valle de México*. (O. P. (OPS), Ed.) Recuperado el 20 de Abril de 2011, de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/analisis/vamexi/vamexi.html>

SEMARNAT. (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos*. En *Diario Oficial de la Federación* (pág. 16). México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Siplast. (2008). *Geomembranes: design elements*. Recuperado el 20 de Abril de 2011, de The International website of Siplast Brand: [http://www.siplast-international.com/express\\_downloading/\\_pdf/SystemBrochures/Geomembranes%20Concept%201-3%20Export.pdf](http://www.siplast-international.com/express_downloading/_pdf/SystemBrochures/Geomembranes%20Concept%201-3%20Export.pdf)

Velasco, E. C., & León, G. Z. (29 de enero de 2008). *Rellenos sanitarios deben desaparecer*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de La Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/2008/01/29/index.php?section=sociedad&article=040n3soc>

## El asteroide de la Península Yucateca

fuelle: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

En marzo de 2010, y tras una revisión de estudios, 38 expertos de Europa, Estados Unidos, México, Canadá y Japón, confirmaron, en un trabajo publicado por la revista *Science*, que la extinción masiva que se produjo hacia finales del periodo Cretácico, hace unos 65,5 millones de años, y que acabó con el dominio de los dinosaurios en la Tierra, fue originada por el impacto de un asteroide. Con ello quedan desvirtuadas otras hipótesis anteriormente postuladas, como la del vulcanismo masivo o la del depósito de microtectitas sobre el cráter con 300.000 años de antelación

