

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA TOMA DE DECISIONES ENTRE REHABILITACIÓN Y CLAUSURA DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL

Hernández Berriel, María del Consuelo¹, Lobo García de Cortázar, Amaya²; López Gasca, Sergio Omar¹; Mañón Salas, María del Consuelo¹; Colomer Mendoza, Francisco José³; Carreño de León, María del Carmen¹

¹ Tratamiento de contaminantes y aprovechamiento de residuos, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Toluca, Tecnológico Nacional de México/, Av. Tecnológico s/n. Colonia Agrícola Bellavista Metepec, Edo. de México, México C.P. 52149 Tel. (52) (722) 2 08 72 00 ext. 3630. mhernandezb@toluca.tecnm.mx; dd21280003@toluca.tecnm.mx; mmanons@toluca.tecnm.mx

² Departamento de Aguas y Ciencias y Tecnologías Ambientales, Grupo de Ingeniería Ambiental. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Cantabria, Campus Santander, Cantabria. Avda. de los Castros s / n. 39005. España. Tel.: +34 942 20 22 86. amaya.lobo@unican.es

³ INGRES, Ingeniería de Residuos. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales. Universidad Jaume I. Avda. Vicent Sos Baynat, S/N. 12071 Castelló de la Plana, España. Tel.: +34 964728111 fcolomer@uji.es

Resumen

En México, los residuos sólidos urbanos (RSU) generados se deposita preferentemente en rellenos sanitarios (RESA); sin embargo, en número, solo el 13% de los sitios de disposición final (SDF) son RESA y el 87% son sitios no controlados (SNC). Los SNC implican riesgos para la salud y al ambiente. La SEMARNAT ha buscado que los SDF del país cumplan con la NOM-083-SEMARNAT-2003; y para ello ha elaborado con otras instituciones, manuales y guías; sin embargo, aplicar estos documentos, representa un gran gasto para los municipios que tienen SNC. El objetivo de este trabajo fue proponer una metodología para evaluar a nivel preliminar SNC, que con menores costos y tiempo, apoye en la toma de decisión entre clausura o rehabilitación. Para ello, la propuesta comprende: ubicación de SDF y análisis histórico del área afectada mediante Mapa Digital de INEGI, Google Mapas y Google Earth Pro; análisis del cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 con el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de RSU (SIGMIRSU) y la aplicación de una Tabla de Verificación a responsables del SDF; así como la elaboración de recomendaciones. Se eligieron como casos de estudio el SDF de Xalatlaco, Estado de México y el SDF de Tlalpujahua, Michoacán. La aplicación de la metodología para la evaluación a nivel preliminar, evidenció que el SDF de Xalatlaco requiere de atención urgente y debe ser revisado de cerca con la Secretaría del Medio Ambiente; y que el SDF de Tlalpujahua, tiene posibilidades de ser rehabilitado para operar conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Abstract

In Mexico, the municipal solid waste (MSW) generated is preferably deposited in sanitary landfills (SL); however, in number, only 13% of the final disposal sites (FDS) are SL and 87% are uncontrolled sites (UNS). The UNS pose risks to health and the environment. SEMARNAT has sought that the country's SDF comply with NOM-083-SEMARNAT-2003; and for this it has prepared with other institutions, manuals and guides; However, applying these documents represents a great expense for municipalities that have UNS. The objective of this work was to propose a methodology to evaluate UNS at a preliminary level, which

with lower costs and time, supports decision-making between closure or rehabilitation. For this, the proposal includes: FDS location and historical analysis of the affected area using INEGI's Digital Map, Google Maps and Google Earth Pro; analysis of compliance of NOM-083-SEMARNAT-2003 with the Geographic Information System for MSW Management (SIGMIRSU) and the application of a Verification Table to those responsible for the SDF; as well as that the development of recommendations. The FDS of Xalatlaco, State of Mexico and the SDF of Tlalpujahua, Michoacán were chosen as case studies. The application of the methodology for the evaluation at a preliminary level, showed that the SDF of Xalatlaco requires urgent attention and should be closely reviewed with the Ministry of the Environment; and the SDF of Tlalpujahua, has the possibility of being reactivated to operate according to NOM-083-SEMARNAT-2003.

Palabras clave/keywords:

Propuesta metodológica, rehabilitación o clausura, sitios de disposición final.

1. Introducción

La disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) en vertederos continúa siendo la opción principal en el mundo. En México la mayor cantidad de éstos se deposita en rellenos sanitarios (RESA); sin embargo, en cuanto a número, el 13% de los sitios de disposición final (SDF) son RESA y 87% son sitios no controlados (SNC) (INEGI, 2017). Los SNC implican riesgos para la salud y contaminación del ambiente; por lo que la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha buscado que los SDF del país cumplan con la NOM-083-SEMARNAT-2003; y para ello ha elaborado con otras instituciones, manuales y guías. Si bien existen acciones concretas, como los subsidios para 346 proyectos otorgados de 2013 a 2018, con el fin de mejorar los sistemas de manejo de los RSU en el país, la disposición en SNC, comúnmente denominados Tiraderos a Cielo Abierto (TCA), continúa siendo la principal debilidad (SEMARNAT, 2020; SHCP, 2020).

Existen criterios y lineamientos, los cuales establecen que los SDF que no cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003 deben ser clausurados o bien rehabilitados (DOF, 2004), sin embargo, el realizar muchos de los estudios que se requieren representan un gran gasto para los municipios que tienen SNC y es ahí donde los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de evaluación multicriterio, pueden ser aprovechados (Giménez y Cardozo, 2012; Olusina y Shyllon, 2014; Sánchez-Gil, 2017). Conforme a ello, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología para evaluar a nivel preliminar SNC, que con menores costos y tiempo, apoye en la toma de decisiones entre clausura o rehabilitación.

2. Metodología

2.1 Ubicación de sitios de disposición final y análisis histórico

Se tomó como base los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2017) de los SDF de los municipios de la periferia del Estado de México (EdoMéx) y los municipios colindantes de los estados aledaños. Se eligió un municipio del sureste y otro del noroeste; a los cuales se les verificó la ubicación de sus SDF con Mapa Digital V.6.3.0 (INEGI, 2021) y utilizando Google Earth Pro, se les realizó un análisis de su evolución y áreas afectadas desde su creación (Google, 2021a).

2.2 Análisis del cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003

El Análisis del cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 se llevó a cabo mediante el uso del Sistema de Información Geográfica para el Manejo de RSU (SIGMIRSU), desarrollado con el proyecto de

investigación SEMARNAT-2015-1-263315; el cual proporciona mapas binarios con los criterios evaluados de la NOM-083-SEMARNAT-2003 (DOF, 2004); asimismo, se visitó los SDF y se aplicó la Tabla de Verificación (TV) a los responsables de éstos. Esta Tabla de verificación también se desarrolló en el proyecto SEMARNAT-2015-1-263315 (Hernández-Berriel et al., 2021), con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003 (DOF, 2004; Ortiz-Conde & Hernández-Barríos, 2012).

2.3 Elaboración de recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se elaboraron recomendaciones para los municipios seleccionados, con el fin de apoyar a los responsables de los SDF, en la toma de decisión entre clausurar o rehabilitar.

3. Resultados

3.1 Ubicación de sitios de disposición final y análisis histórico

Se eligieron los SDF de los municipios de Xalatlaco, EdoMéx (coordenadas: Latitud: 19.157324031006215 y Longitud: -99.41537451397193) y de Tlalpujahua, Michoacán (coordenadas: Latitud: 19.82642548969877 y Longitud: -100.18995012050414). Si bien, se determinaron los históricos de cada SDF, por razones de espacio, en este trabajo solo se presentan las figuras 1 y 2, las cuales fueron las últimas fotografías satelitales reportadas por Google (2021a), para los SDF de Xalatlaco y Tlalpujahua, respectivamente.



Figura 1. Fotografía satelital del área afectada en el SC de Xalatlaco, EdoMéx (13 de enero 2020).



Figura 2. Fotografía satelital del área afectada en el SDF de Tlalpujahua Mich. (27 de noviembre 2020).

3.2 Análisis del cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003

Para los SDF en cuestión, se introdujeron sus coordenadas verificadas en el SIGMIRSU, generándose los mapas con base a los criterios del punto 6.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003 (DOF, 2004) y al Método Analítico Jerárquico (AHP, Analytic Hierarchy Process). En las figuras 3 y 4 se muestran como un punto azul la geoposición de cada SDF, en color verde las áreas altamente idóneas, en color amarillo las de media idoneidad y en color rojo las no idóneas; donde estas últimas son las áreas que no cumplen con algún criterio. La información proporcionada por el SIGMIRSU se verificó mediante trabajo de campo y de manera satelital con las herramientas Mapa Digital V.6.3.0 de INEGI (2021), Google Earth Pro y Google Maps (Google, 2021 a y b). En la tabla 1 se presenta de manera resumida la TV, obteniéndose para ambos municipios valores bajos del grado de cumplimiento (Hernández-Berriel et al., 2021).

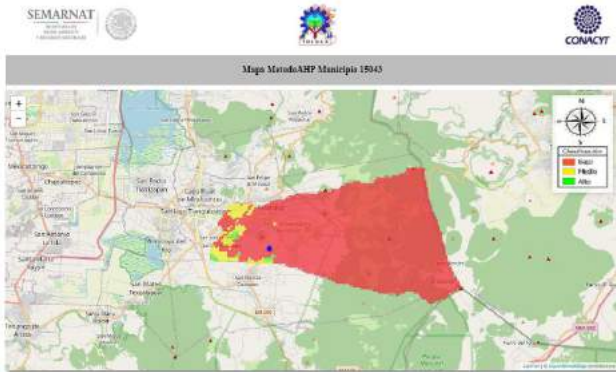


Figura 3. Idoneidad del SDF de Xalatlaco, EdoMéx.

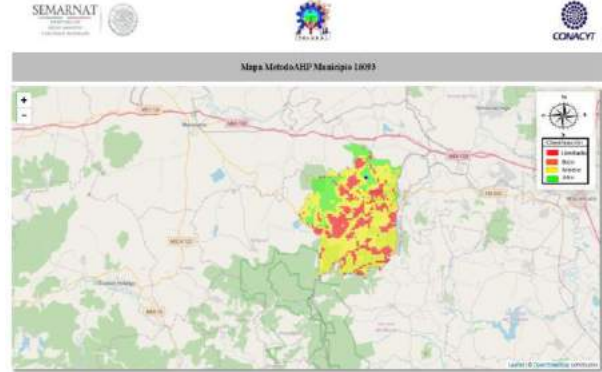


Figura 4. Idoneidad del SDF de Tlalpujahua, Mich.

Tabla 1. Evaluación de la NOM-083-SEMARNAT-2003 con la TV

APARTADOS DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003	PUNTAJE OBTENIDO	EVALUACIÓN/ NIVEL DE CUMPLIMIENTO	PUNTAJE OBTENIDO	EVALUACIÓN/ NIVEL DE CUMPLIMIENTO
Subcategoría del SDF	Xalatlaco	C	Tlalpujahua	C
6.1 Restricción para ubicación del sitio (7 Puntaje Máximo)	6	86%	6	86%
6.3 Estudios y análisis en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final (6 Puntaje Máximo)	0	0%	0	0%
6.4 Estudios de generación y composición (2 Puntaje Máximo)	0	0%	0	0%
7. Características constructivas y operativas del sitio (41 Puntaje Máximo)	7	17%	4	10%
9. Clausura del sitio (8 Puntaje Máximo)	0	0%	0	0%
Evaluación global del cumplimiento (64 Puntaje Máximo)	13	20%	10	16%

3.3 Elaboración de recomendaciones

Para que el SDF de Xalatlaco, EdoMéx, denominado “El Llano”, evite impactar al ambiente y la salud se recomienda: implemente barreras naturales, debido a que existen rancherías a distancias de 180-200 m; elaborar un canal para desviar el escurrimiento pluvial que cruza prácticamente en medio de una de las celdas de disposición, para evitar la sobresaturación de humedad en los residuos y la generación de lixiviados; dar cumplimiento al punto 6.3 y al apartado 9 de la NOM-083-SEMARNAT-2003; considerar los informes proporcionados mediante el proyecto SEMARNAT-2015-1-263315 para el punto 6.4; y atender el apartado 7 en cuanto a la determinación del coeficiente de conductividad hidráulica; la extracción, captación parcial, conducción y quemado del biogás; la captación, extracción y recirculación de lixiviados; la construcción de drenaje pluvial parcial faltante; el control total de la dispersión de materiales ligeros; el área de emergencia; la compactación y cobertura diaria de RSU; el control total de fauna nociva; el registro total en la entrada de la cantidad de RSU que reciben; el grado de estabilización de los residuos y la elaboración del manual de procedimiento de operación (DOF, 2004).

En cuanto al SDF de Tlalpujahuá, Mich, denominado “Relleno Sanitario la Lagunilla”, para evitar su impacto a nivel local y regional; y promover que pueda rehabilitarse, se recomienda: sanear la celda en operación y habilitar una nueva celda con geomembrana, puesto que incumple el punto 6.1, debido a que se encuentra a una distancia de 420 m de un río de caudal continuo, además de que existen tres corrientes intermitentes en época de lluvias a menos de 400 m; dar cumplimiento al punto 6.3 y al apartado 9 de la NOM-083-SEMARNAT-2003; considerar los informes proporcionados mediante el proyecto SEMARNAT-2015-1-263315 para el punto 6.4; y atender los puntos del apartado 7: determinar el coeficiente de conductividad hidráulica; extraer, conducir y quemar el biogás; captar, extraer y recircular lixiviados; completar el drenaje fluvial; evitar la dispersión de materiales ligeros, implementar un área de emergencia; controlar totalmente la fauna nociva; registrar en la entrada la cantidad de RSU que reciben; incrementar el grado de estabilización de los residuos; elaborar el manual de procedimiento de operación; acortar los periodos de cubrimiento con suelo de los RSU y aplicar medidas para no recibir residuos listados en el punto 7.8 .

4. Discusión

EL SDF de Xalatlaco, EdoMéx, está registrado como un SC tipo C; se localiza en Google Maps como “Basurero Municipal de Xalatlaco” y en el Mapa Digital de INEGI V6.3.0 se ubica como “Relleno Sanitario de Xalatlaco”. EL SDF se encuentra a una distancia de 3.9 km del centro de Xalatlaco (Google, 2021b; INEGI, 2021). Este SDF inició su operación el 31 de marzo 2002 y alcanzó su mayor área de afectación el 29 de noviembre 2015 (17,802.66 m²), la cual disminuyó notablemente, gracias a los trabajos de saneamiento de la Administración municipal 2016-2018 (Google, 2021a). Este municipio pertenece al área natural protegida denominada “Parque Otomí-Mexica”, la cual abarca más de ¾ partes del territorio municipal. Las coordenadas del SDF lo ubican dentro de esta área natural protegida (Figura 3), de manera que incumple fuertemente con el punto 6.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003 (DOF, 2004), por lo que debe atender las áreas de oportunidad detectadas (Tabla 1), así como revisar con la Secretaría del Estado de México su situación.

Para el SDF de Tlalpujahuá se desconoce la fecha de inicio de su operación, debido a que no existen registros y la primera imagen satelital de Google Earth (17 de febrero del 2011), muestra RSU en este lugar, con una afectación de 3,040.70 m². La mayor área afectada para este SDF fue de 14,182.56 m², estimada mediante la imagen satelital del 27 de enero 2017 y, con la última fotografía reportada del 27 de noviembre 2020, se estimó una afectación de 12,053.83 m², debido a las actividades de saneamiento y mantenimiento del SDF por parte del H. Ayuntamiento de Tlalpujahuá a través de la Dirección de Obras Públicas (Google, 2021a).

Conclusiones

La información obtenida de fuentes secundarias, se corroboró de manera ágil y ordenada mediante la aplicación de la TV a los responsables de los SDF y las visitas de campo, permitiendo detectar ligeras diferencias y evaluar con mayor confianza los puntos de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

El uso de herramientas como el SIGMIRSU, Mapa Digital de INEGI, Google Earth y Google Maps, facilitó la ubicación de SDF y su análisis bajo los criterios del punto 6.1.

La propuesta metodológica desarrollada en este trabajo, para la evaluación a nivel preliminar, evidenció que el SDF de Xalatlaco requiere de atención urgente y tiene que ser revisado de cerca con la Secretaría del Medio Ambiente; así como que el SDF de Tlalpujahuá, tiene posibilidades de ser rehabilitado para operar conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca por el apoyo brindado en el traslado del equipo de investigación; así como al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por el financiamiento, mediante el Proyecto de investigación SEMARNAT-2015-1-263315.

Referencias

- DOF. (2004). 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 y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación (DOF), Ciudad de México, México, 20 de octubre de 2004.
- Giménez, V. M. y Cardozo C. R. (2012). Optimal location of sanitary landfill applying multicriteria techniques in geographic information systems (GIS) in the metropolitan area of the Alto Parana. VII Congreso de Medio Ambiente/AUGM. La Plata, Argentina.
- Google. (2021a). Google Earth Pro. (Aplicación WEB, último acceso: 10/05/2021) <https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>
- Google. (2021b). Google Maps. Mapa de Satelital de México (Documento WEB, último acceso 29/04/2021). <https://www.google.com.mx/maps/@19.3110424,-100.1461805,16z>
- Hernández-Berriel M.C., López-Gasca S.O., García-Cortázar A.L., Mañón-Salas M.C., Colomer-Mendoza F.J. y Buenrostro-Delgado O. (2021). Metodología ágil para clausurar o regularizar sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos. Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACYT. En proceso de impresión.
- INEGI. (2017). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (Documento Web, último acceso: 10/Enero/2021). https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cngmd/2017/doc/CNGMD_2017_Resultados.pdf
- INEGI. (2020). Mapa Digital de México V6.3.0. (Página web, Último acceso: 16/12/2020) <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjZlLjMyMDA4LGxvbjotMTAxLjUwMDAwLHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>
- INEGI. (2021). Mapa Digital de México V6.3.0. Capa de Sitios de Disposición final de Residuos Sólidos Urbanos. Capa 37. (Documento WEB, último acceso 24/04/2021). <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjE1NzM0LGxvbjotOTkuNDE1NzksejoxNSxsOnRjMTExc2VydmljaW9zfGMxMDB8YzEwMXxjc2Rm>
- Olusina J.O. y Shyllon D. O. (2014). Suitability Analysis in Determining Optimal Landfill Location Using Multi-Criteria Evaluation (MCE), GIS & Remote Sensing. International Journal of Computational Engineering Research (IJCER). 4. (6). ISSN (e):2250–3005
- Ortiz-Conde R. & Hernández-Barrios C. (2012). Manual de rehabilitación, clausura y saneamiento de sitios de disposición final. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (Documento WEB, último acceso 23/03/2021) <https://es.slideshare.net/IvanSoto4/manual-derehabilitacion-clausuraysaneamientodesitiosdedisposicionfinal>

Sánchez-Gil S. (2017). Optimización de la ubicación de instalaciones de eliminación de Residuos Municipales (RM) mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Tesis de Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Santander, España.

SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Primera edición, mayo 2020. (Documento Web, último acceso 02/Enero/2021). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

SHCP. (2020). Informe Anual 2019 Banobras. Secretario de Hacienda y Crédito Público (SHCP). (Documento Web, último acceso 02/Enero /2021). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/581850/INFORME_ANUAL_2019_Versio_n_Final_25AGOSTO_r2.pdf