

Tipo de artículo: Artículo original

Inteligencia computacional para el diagnóstico del posterior uso del área donde está ubicado el relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa

Computational intelligence for the diagnosis of the subsequent use of the area where the sanitary landfill of the city of Jipijapa is located

Juan Danny Vera Calderón^{1*} , <https://orcid.org/0000-0003-3814-4782>

Byron Baque Campozaño² , <https://orcid.org/0000-0001-9701-2179>

Betsy Fienco Sánchez³ , <https://orcid.org/0000-0001-9556-7090>

¹ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, UNESUM, Jipijapa, Manabí, Ecuador. vera-juan5492@unesum.edu.ec

² Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, UNESUM, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

³ Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, UNESUM, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

* Autor para correspondencia: vera-juan5492@unesum.edu.ec

Resumen

En las últimas décadas se ha elevado de forma acelerada el crecimiento de la población en las zonas urbanas. Esto también sucede en la ciudad de Jipijapa de la provincia Manabí en Ecuador, lo que ha incrementado la generación de residuos sólidos, los cuales han dificultado su tratamiento debido a su rápido aumento. Este trabajo tiene como objetivo generar alternativas para tratar de forma adecuada estos desechos, proteger al medio ambiente y la salud humana a través del relleno sanitario. En la investigación se usaron métodos científicos como, bibliográfico, empírico, documental, exploratorio y las técnicas de la observación y la medición. Se concluye que la permeabilidad del suelo es muy baja, debido a que se tratan de suelos arcillosos, y, al no encontrar aguas subterráneas no existen riesgos de contaminación. Se realizó una evaluación de alternativas en el cual se obtuvo que la propuesta más favorable para el uso de suelo del relleno sanitario después del cierre técnico es la recuperación ambiental e instalaciones administrativas con espacios públicos de recreación.

Palabras clave: Alternativa; Impacto Ambiental; Relleno Sanitario; Residuos Sólidos; Salud.

Abstract

In recent decades, population growth in urban areas has risen rapidly. This also happens in the city of Jipijapa in the Manabí province in Ecuador, which has increased the generation of solid waste, which has made its treatment difficult due to its rapid increase. This work aims to generate alternatives to adequately treat these wastes, protect the environment and human health through the sanitary landfill. In the research, scientific methods such as bibliographic, empirical, documentary, exploratory and the techniques of observation and measurement were used. It is concluded that the permeability of the soil is very low, due to the fact that they are clayey soils, and, since there is no groundwater, there are no risks of contamination. An evaluation of



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

alternatives was carried out in which it was obtained that the most favorable proposal for the use of land in the sanitary landfill after the technical closure is the environmental recovery and administrative facilities with public recreation spaces.

Keywords: *Alternative; Environmental Impact; Landfill; Solid Waste; Health.*

Recibido: 20/01/2021
Aceptado: 12/11/2020

Introducción

En la actualidad se considera a los Rellenos Sanitarios como una solución práctica, económica y sanitaria para disponer los residuos sólidos. A esta solución se llega después de muchos años en los cuales se utilizaron otras metodologías de disposición, las que presentaban como común denominador una gran contaminación del medio ambiente. Chile, conjuntamente con Brasil, pioneros en Latinoamérica, habiéndose más que duplicado el número de rellenos en los últimos 15 años. (Oliver Acosta, 2015)

A nivel mundial en las últimas décadas, en las grandes ciudades y especialmente en los países de América Latina, el crecimiento acelerado de la población urbana, ha incrementado la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) los cuales han dificultado el manejo de estos, representado un problema debido, a sus niveles de incrementos. Es importante conocer y realizar el adecuado tratamiento de éstos, para no afectar la salud de los ciudadanos ni el medio ambiente.

El método de disposición final de residuos sólidos denominado relleno sanitario constituye la alternativa técnica, económica y más favorable para el manejo de estos desechos. Este tipo de confinamientos es considerado ideal, para subsanar la problemática generada en Jipijapa y evitar el daño al medio ambiente y a la salud de la población.

Los residuos sólidos de una ciudad después de haber recibido determinados tratamientos. Para impedir que se contamine el subsuelo, se impermeabiliza el terreno con polietileno de alta densidad u otra sustancia y se coloca arcilla. Esta técnica se usa con el fin de darle a estos una disposición final. Además de la impermeabilización y de otros procesos para lograr que estos desechos no se conviertan en un peligro para la salud pública, se desarrolla la compactación de los residuos, lo cual ocupan la menor cantidad posible de espacio.

Entre las funciones más importantes del relleno sanitario, se tiene la de evitar las problemáticas que surgen de los métodos tales como el vertedero. Este último también se conoce con el nombre de basurero, tiradero o basural, y consiste en un lugar en el cual la basura es depositada como última de las acciones del proceso de eliminación, la que ocasiona problemas de contaminación y salubridad.

El impacto ambiental en el sistema de depósito de residuos, es uno de los temas principales que se tiene en cuenta, pues este trata del efecto que esto genera en el medio ambiente y las consecuencias perjudiciales para la salud del



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

planeta y los efectos negativos no suelen ser inmediatos o muy evidentes, por lo que se hace necesario llevar a cabo los estudios ambientales, sociales y económicos pertinentes.

Al diseñar un relleno sanitario se debe considerar los aspectos socioculturales del vecindario, especialmente en relación a las dimensiones de las instalaciones, que deben estar en conformidad con los planes maestros de uso del suelo urbano. Los impactos estéticos y sonoros (ruidos de tránsito) deben ser evaluados especialmente en las áreas próximas a urbanizaciones.

La migración de gases y polvo (olor y humo) según la dirección prevaleciente de los vientos, el flujo de las aguas subterráneas (que pueden contaminar a los pozos de agua potable) y las características de los cuerpos de aguas superficiales son elementos importantes a ser considerados en los proyectos de residuos sólidos.

El objetivo de este artículo es dar a conocer la importancia de contar con rellenos sanitarios como una alternativa para la disposición final de los residuos sólidos urbanos generados por la población.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en el período 2016 - 2020, en el cual se aplicaron los métodos científicos tales como, bibliográfico, empírico, documental, exploratorio y las técnicas de la observación, la medición, los cálculos de los ensayos de laboratorios de suelos, sondeos elaborados con el SPT (Ensayo de penetración estándar) y evaluación de alternativas. Como instrumentos se utilizó la estación total, Global Positioning System (GPS), AutoCAD, CivilCAD y equipos de ensayo de penetración estándar.

Estas permitieron conocer a profundidad las características actuales del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa. La ubicación de este relleno sanitario está a 2.5 km de la vía Guayaquil – Jipijapa. Tiene un área de 13.75 Ha, una topografía regular, el tipo de suelo arcilloso, el acceso se encuentra en la intersección con la vía a Guayaquil, el ingreso principal tiene una longitud de 550 metros. Jipijapa se encuentra ubicado al sur de la provincia de Manabí. En la franja costera del Ecuador.

Sus coordenadas son:

- 1° 20' Latitud Sur y 80° 35' Longitud Oeste.

Limita al:

- Norte con los cantones: Montecristi, Portoviejo y Santa Ana.
- Sur con el cantón: Paján y la provincia del Guayas.
- Este con el cantón: 24 de Mayo y Paján.
- Oeste con: Océano Pacífico y el cantón Puerto López.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Su superficie es de 1.420 Km². Otras características son mostradas en la figura 1.



Figura 1. Ubicación Geográfica del Cantón Jipijapa.

La ubicación del terreno a intervenir (2.5 km de la vía Guayaquil – Jipijapa), el tipo de relleno sanitario, siendo de tipo mecanizado, en el que se utilizan maquinarias pesadas para el proceso de descarga, esparcido, compactación y cobertura de las celdas. Teniendo un paisaje rodeado por especies vegetales nativas de la zona como el ceibo, algarrobo, guayacán y cardo. Los impactos ambientales negativos son el movimiento de tierra, descarga y tendido de desechos, evacuación de gases, mientras que los impactos ambientales positivos son la compactación de desechos, tratamiento de residuos orgánicos, cobertura final.

Variables que intervienen en el uso del suelo de un relleno sanitario

Las variables que se tomaron en cuenta cumplen con la condicionante de la representatividad especial, por esta razón la selección, recolección y definición adecuada de las variables aportan la información requerida para cumplir el



objetivo de la investigación, sino que permiten visualizar previamente la validez del enfoque metodológico propuesto y el tipo de análisis espacial que se requiere. (Meza Olmedo, 2015).

Sustentado por la topografía local por lo que se consideraron las siguientes variables: pendiente del terreno, cobertura y uso del suelo, altimetría y vías de acceso, construcciones de áreas verdes.

Usos que se dan a los rellenos sanitarios una vez ejecutado el cierre técnico

Al final de la vida útil del relleno sanitario se tendrán diferentes niveles del terreno, la topografía del sitio será irregular, considerando la totalidad de las celdas. Sin embargo, dentro de cada una de estas áreas se tendrá una superficie relativamente plana (Cantos, 2018).

En el caso del relleno sanitario, se considera que la alternativa más indicada para uso final del sitio será como áreas para reforestación, la cual cumplirá la función de “pulmón” para la zona, existiendo varias razones para esta afirmación:

- a) En primer lugar, no se recomienda la creación de zonas habitacionales, tanto por los asentamientos diferenciales y la constante generación de biogás, que puede ser peligroso por su toxicidad.
- b) Por otro lado, la zona donde se enclava el relleno sanitario se encuentra alejada del área urbana, por lo que es apropiado este uso final para el municipio.
- c) Se cuenta con el certificado de uso de suelo del predio, proporcionado por el Municipio del Cantón Jipijapa, en el cual se establece Uso Forestal.

La arborización del relleno sanitario ayuda considerablemente a minimizar daños ambientales, además, contribuye a estabilizar los taludes y disminuye la cantidad de las emisiones. El eucalipto, el cedro o el pino pueden también pueden ser utilizados para producir los palos y estacas necesarios para la construcción de chimeneas. (GóngoraPérez, 2014).

Algunas características favorables de la arborización son las siguientes: alivia la carga de viento a las diferentes construcciones, producción de olores agradables, mejoramiento sustancial del aspecto paisajístico, absorción de aguas lixiviadas producidas en los taludes, depuración biológica de emisiones gaseosas, estabilización de los taludes y protección del suelo.

Finalmente es necesario considerar las propuestas planteadas en el Plan de Desarrollo y Plan de Ordenamiento Territorial 2012-2022 del cantón Jipijapa para esta zona: desarrollar una ruta de ecoturismo, que buscará incentivar las actividades de promoción eco turístico a través de senderos miradores e infraestructura para actividades de aventura y desarrollar un Plan de Manejo de las áreas protegidas municipales para la protección de la biodiversidad.



Ordenamiento territorial y uso del suelo

Se puede definir como el uso del suelo y ordenamiento territorial a la gestión adecuada del territorio, incorporando y valorando los potenciales usos que puedan otorgarse al recurso suelo, tanto en la planificación de nuevos centros urbanos y la incorporación de restricciones al territorio como son zonas de riesgos naturales, zonas de inundaciones, riesgos volcánicos, deslizamientos de tierra, entre otros. (Jaramillo, 2017)

Gestión adecuada del uso del suelo y ordenamiento territorial

Una gestión exitosa del uso de suelo y ordenamiento territorial deberá considerar una evaluación ambiental estratégica, a modo de considerar todas las especialidades y diversos puntos de vista para incorporar las variables más relevantes para un adecuado proceso de ordenamiento territorial. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2014)

Sin duda llegar a determinar un adecuado uso del suelo, es una tarea compleja y requiere de un consenso, de acciones complejas y también de incorporar una legislación adecuada y actualizada para valorar y preservar adecuadamente los recursos naturales del país.

El cierre técnico del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa deja como resultado un área que podría quedar expuesta al abandono y bastante degradada por la contaminación de los desechos depositados en ella, por lo cual se convierte en un problema dando origen a una investigación aplicada para dar la solución respectiva al problema visualizado.

El Relleno Sanitario de la ciudad de Jipijapa, se toma como muestra el área del terreno en estudio, la topografía, las características físicas y ambientales tales, tipo de suelo, tipo de relleno de la basura, usos que se da a los predios aledaños y los impactos ambientales en el proceso de operación y clausura del relleno sanitario.

Resultados y discusión

El relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa de acuerdo a sus características generales consta con un área de 13.75 hectáreas aproximadamente, se realizó la topografía la cual el terreno se muestra regular, consta con taludes que según estudios realizados actualmente no superan el FS (factor de seguridad) que debe ser ≥ 1.5 , por lo tanto los taludes son estables; mediante los sondeos elaborados con el SPT (Ensayo de penetración estándar) basándose en la norma técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN 689, la cual hace referencia a la Asociación Americana de Ensayos de materiales.

American Society of Testing Materials - ASTM D1586; el resultado que se obtuvo en el laboratorio del tipo de suelo fue arcilloso, y por lo general los suelos arcillosos denominados suelos pesados comprenden un 72% del total del



territorio de Jipijapa. Para conocer cuál es la alternativa adecuada se realizaron varios estudios y una evaluación de propuestas en la cual cada una deberá cumplir con los parámetros establecidos.

Para la selección de la propuesta se consideraron varios criterios los cuales se detallan a continuación: técnicos, ambiental, de seguridad, Social y Económico, la aplicación de estos criterios obedece a la búsqueda de la alternativa que logre alcanzar el mayor puntaje de acuerdo a la ponderación establecida. La cual consiste en una calificación baja, media y alta con un valor de 1,3 y 5 respectivamente de la evaluación subjetiva y asociada con la evaluación de pesos se determina cuál de las tres alternativas es la apropiada.

Los métodos generales para la utilización del suelo en los cierres técnicos de los rellenos sanitarios son principalmente el uso forestal para la recuperación ambiental de las áreas más degradadas, otro de los usos es el agrícola, así como también el más común es el uso recreativo, tales como parques o campos deportivos, en varios casos con el crecimiento de la población los rellenos sanitarios cumplen su vida útil dentro de la zona urbana y en esta ocasión con este escenario otro de los usos que se les da al suelo es la implantación de aparcamientos.

De acuerdo a las características físicas y ambientales actuales del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa se tiene que el relleno sanitario está ubicado a 2.5 km de la vía Guayaquil – Jipijapa, estudiando el levantamiento topográfico realizado se obtuvo como resultado que la topografía es regular y delimitando el área de estudio la cual abarca los 13.75 Ha (137500 m²), los ensayos realizados en el laboratorio de suelos, da como resultado un tipo de suelo arcilloso, la accesibilidad está en la intersección con la vía a Guayaquil, el ingreso principal tiene una longitud de 550 metros.

Este es un relleno tipo mecanizado y el depósito diario de los residuos sólidos supera las 50 toneladas, conserva un paisaje rodeado de especies vegetales nativas de la zona como el ceibo, algarrobo, guayacán y cardo. Los impactos ambientales negativos que posee el relleno sanitario son el movimiento de tierra, descarga y tendido de desechos, evacuación de gases, mientras que los impactos ambientales positivos son la compactación de desechos, tratamiento de residuos orgánicos, cobertura final.

Se realizó una evaluación de alternativas en el cual se obtuvo que la propuesta más favorable para el uso de suelo del Relleno Sanitario de la ciudad de Jipijapa después del cierre técnico es la recuperación ambiental e instalaciones administrativas con espacios públicos de recreación, la cual se detalla a continuación, teniendo una propuesta en primer lugar con un total de 48 puntos como resultado en la evaluación subjetiva a diferencia de la alternativa de instalación de parques y de construcción de zonas residenciales que constan de 34 y 20 puntos respectivamente.



La evaluación por pesos coloca al criterio social como el más importante para llevar a cabo cualquier alternativa, entre las cuales la alternativa propuesta en el proyecto cumple con las expectativas de este criterio y por ende con los criterios restantes propuestos obteniendo el mayor puntaje en comparación con las demás alternativas.

La forma de ocupación del área es el resultado de las directrices y lineamientos, así como de las características específicas que presenta el área de estudio. A continuación, se tiene el diseño y la zonificación que se ha constituido en unidades de actuación (denominadas sectores), que mantienen características similares, quedando conformado de la siguiente manera:

- Sector A de aparcamiento vehicular.
- Sector B de infraestructura.
- Sector C deportivo.
- Sector D de vías de acceso vehicular y caminos peatonales.
- Sector E zona restringida (lagunas de lixiviados).
- Sector F de repoblamiento vegetal.

Tabla 1. Características y Zonificación del terreno a intervenir.

Ubicación	Está situado a 2.5km al sur de Jipijapa por la vía a Guayaquil.	
Coordenadas	X	Y
	Punto 1: 17546750 E	9846900 N
	Punto 2: 17547350 E	9846550 N
	Punto 3: 17547100 E	9846700 N
Área	13.75 ha (137500m ²)	
Topografía	Regular	
Accesibilidad	Su ingreso es a partir de la intersección de la vía Jipijapa – Guayaquil a la altura de 2.5 km.	
Paisaje	Está rodeado por especies vegetales nativas de la zona como el ceibo, algarrobo, guayacán y cardo.	
Infraestructura básica	El proyecto cuenta con agua potable, saneamiento, calles y caminos internos y electrificación.	
Aspectos que potencian la propuesta del proyecto	La aportación al medio ambiente mediante la reforestación de las zonas degradadas como las celdas de disposición de los desechos. La propuesta es flexible a cambios debido a esto se plantea un proyecto a futuro cuando el riesgo de contaminación sea nulo, donde se modificará la propuesta actual siendo una alternativa la adaptación de un parque que impulse al desarrollo y turismo de la ciudad de Jipijapa.	
Condiciones del terreno a considerarse en la propuesta	La existencia de las piscinas de lixiviados provenientes de los residuos sólidos depositados en las celdas requieren de un tratamiento técnicamente adecuado, la protección a las zonas de cultivos de maíz que existen alrededor del área de estudio.	

Fuente: Elaboración propia.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)



Figura 2. Diseño de propuesta del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Una vez realizado el análisis de proyectos similares de cierres técnicos en rellenos sanitarios, se concluye que pueden ser útiles para zonas agrícolas, zonas de reforestación y zona de recreación entre otros.

La permeabilidad del suelo es muy baja, debido a que se tratan de suelos arcillosos, y, al no encontrar aguas subterráneas no existen riesgos de contaminación en el suelo.

Con los estudios y las evaluaciones, se logró concluir que lo más conveniente y favorable como alternativa es la recuperación ambiental con instalaciones administrativas y espacios públicos de recreación.

En base a la investigación realizada de la zonificación se obtuvo que los sectores son de características similares, como por ejemplo en el tipo de suelo.

Conflictos de intereses

Los autores de la presente investigación declaran que no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Juan Danny Vera Calderón, Byron Baque Campozano, , Betsy Fienco Sánchez.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Curación de datos: Juan Danny Vera Calderón, Byron Baque Campozano.

Análisis formal: Juan Danny Vera Calderón, Byron Baque Campozano.

Investigación: Byron Baque Campozano, , Betsy Fienco Sánchez.

Metodología: Juan Danny Vera Calderón, Byron Baque Campozano, , Betsy Fienco Sánchez.

Software: Juan Danny Vera Calderón.

Supervisión: Byron Baque Campozano, Betsy Fienco Sánchez.

Validación: Byron Baque Campozano.

Visualización: Byron Baque Campozano, , Betsy Fienco Sánchez.

Redacción – borrador original: Juan Danny Vera Calderón, Byron Baque Campozano, Betsy Fienco Sánchez..

Redacción – revisión y edición: Juan Danny Vera Calderón, Byron Baque Campozano, Betsy Fienco Sánchez.

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa, ha sido financiada por los autores.

Referencias

- Cantos, G. N. (2018). Evaluación del Impacto Ambiental del Manejo del Relleno Sanitario: Metodología práctica sostenible ambiental en rellenos sanitarios. Jipijapa - Ecuador: Tapa Blanda.
- Góngora Pérez, J. (2014). El reciclaje en México. Comercio Exterior, Vol. 64 núm 3. México: Panda.
- Google. (2015). www.ceamse.gov.ar. Obtenido de Relleno Sanitario: <http://www.ceamse.gov.ar/glosario/relleno-sanitario/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, I. (2014). NTC 6081 – Productos sanitarios para diagnóstico in vitro. Medios de cultivo para microbiología. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.
- Jaramillo, L. J. (2017). Vías de bajo volumen de tránsito. Medellín: Universidad de Medellín.
- Jipijapa, M. d. (2015). Art. 29 del Reglamento para el Diseño, Operación y Mantenimiento de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos. Jipijapa: Municipalidad.
- Jipijapa, O. M. (2015). www.oficial.ec/ordenanza-municipal-canton-jipijapa. . Obtenido de Ordenanza Municipal. Cantón Jipijapa, para la gestión integral de los residuos sólidos.: <http://www.oficial.ec/ordenanza-municipal-canton-jipijapa-gestion-integralresiduos-solidos>



Meza Olmedo, M. (2015). Análisis y propuesta de aplicabilidad de métodos y técnicas de aprovechamiento, recuperación y evaluación de residuos sólidos urbanos. Quito, Pichincha, Ecuador.

Oliver Acosta, E. P. (2015). Relleno sanitario. México: Panda



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)