

Tipo de artículo: Artículo de Revisión

## Revisión bibliográfica sobre la gestión de la información del manejo de los lixiviados y componentes que produce el relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa

### *Bibliographic review on the management of information on the management of leachates and components produced by the sanitary landfill of the city of Jipijapa*

Pedro Leonel Pincay Chóez<sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-1162-5036>

Luis Alfonso Moreno Ponce<sup>2</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-1162-5036>

Freddy Humberto Guillen Morales<sup>3</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-1162-5036>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, UNESUM, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, UNESUM, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, UNESUM, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

\* Autor para correspondencia: [Pincay-pedro5487@unesum.edu.ec](mailto:Pincay-pedro5487@unesum.edu.ec)

#### Resumen

Los residuos sólidos urbanos en relleno sanitario, generan en los vertederos compuestos, con alto poder contaminante, provocando severos impactos ambientales sobre las fuentes de abasto de aguas superficiales y subterráneas. El objetivo de esta investigación bibliográfica fue analizar la importancia del manejo de los lixiviados y componentes que produce el relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa. Se realizó una investigación documental, basada en una revisión sistemática de fuentes primarias y secundarias. Se analizaron las técnicas de disposición de desechos sólidos, producción de lixiviados y sistema de drenaje pasivo para la eliminación de los gases del relleno sanitario de la ciudad. La estrategia de búsqueda, se basa en material proporcionado tanto por Google Académico, Redalyc, Scielo, Redib y estudios de relleno sanitario, que aportaron información relevante a la revisión. Se concluye que los rellenos sanitarios han sido vital para la disposición final de residuos sólidos que son productos de nuestras actividades, donde se generan subproductos como lixiviados y gases. Las técnicas de disposición de los residuos sólidos, consiste en la colocación de la basura en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra sobre un suelo previamente impermeabilizado, su proceso constructivo depende mucho la cantidad de subproducto que se genera, por lo tanto los parámetros más importantes que merecen tener control de calidad son: la compactación de capas, la conformación de pendiente y drenajes, la humedad de las capas y la instalación de la geomembrana.

**Palabras clave:** Biogás; drenaje pasivo; lixiviados; relleno sanitario; residuo sólido.

#### Abstract

*Solid urban waste in sanitary landfill, generated in compound dumps, with high polluting power, causing severe environmental impacts on the sources of supply of surface and underground waters. The objective of this bibliographic research is to analyze the importance of the management of leachates and components produced by the sanitary landfill of the city of Jipijapa. A desk research was carried out, based on a systematic review of primary and secondary sources. Solid waste disposal techniques, leachate production and passive drainage system for the removal of gases from the city's sanitary landfill were analyzed. The search strategy is based on material provided by both Google Academic, Redalyc, Scielo, Redib and landfill studies, which*



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

*provided relevant information to the review. It is concluded that the sanitary landfills have been vital for the final disposal of solid waste that are products of our activities, where by-products such as leachate and gases are generated. The solid waste disposal techniques, consists of placing the garbage at the base of the slope, spreading and tamping against it and covered daily with a layer of earth on a previously waterproofed soil, its construction process depends a lot on the quantity of by-product that is generated, therefore the most important parameters that deserve to have quality control are: the compaction of layers, the conformation of slopes and drains, the humidity of the layers and the installation of the geomembrane.*

**Keywords:** Biogas; passive drainage; leached; landfill; solid waste.

**Recibido:** 02/01/2021

**Aceptado:** 21/02/2021

## Introducción

El relleno sanitario de Jipijapa es donde se depositan los residuos sólidos urbanos de la ciudad, y por la descomposición de los mismos generan líquidos y gases con alto poder contaminantes. Baldeón (2018) considera que los lixiviados son de color negro, maloliente, conocido como lixiviado o percolado, muy parecido a las aguas residuales doméstica, pero mucho más concentrada. El agua de las precipitaciones que pasa a través de las capas del relleno sanitario aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la producida por la humedad de los residuos sólidos, por lo que es importante interceptarlas y desviarlas para evitar el aumento de lixiviados; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y la contaminación en las corrientes y nacimiento de aguas vecinas. Para (Mendoza, 2017) el gas del relleno sanitario, denominado Biogás, es generado como resultado de procesos físicos, químicos y microbiológicos que ocurren dentro del relleno.

La cantidad de residuos generados por la sociedad está ligada estrechamente con su nivel económico; la mayoría de estos son el resultado de los productos usados que, luego de cumplir la función para la que fueron adquiridos, se convierte en desechos denominados residuos urbanos, cuya eliminación adecuada es una necesidad y hace parte integral del entorno urbano y la planificación de la infraestructura, para garantizar un ambiente seguro y saludable (Torres et al., 2014).

En los rellenos sanitarios se generan básicamente dos subproductos, biogás y lixiviados; estos últimos son generados debido a la percolación de las aguas lluvias a través de los desechos y a las diversas reacciones bioquímicas que pueden ocurrir en el interior del relleno entre el contenido sólido y acuoso y pueden contener altas concentraciones de materia orgánica y otros compuestos que pueden aportar características tóxicas (Torres et al., 2010).

La generación de biogás comienza por lo general alrededor de los 6 a 8 meses de colocados los (RSU) residuos sólidos urbanos y se prolonga por un lapso de 50 años después de la clausura de sitio. Aunque, es posible detectar



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

CH<sub>4</sub> (a bajas concentraciones) al inicio de la biodegradación, es en la fase de fermentación acelerada donde las concentraciones de CH<sub>4</sub> se incrementan hasta valores entre 50 y 70% (Díaz-Archundía et al., 2017).

Todo esto significa un grave problema medio-ambiental de alto riesgo que afecta el paisaje, flora y fauna local, cuerpos de aguas, así como la presencia latente de focos de contaminación que atenta contra la vida humana por eso se le debe dar un debido manejo a los gases (Iván et al., 2015).

La importancia para el desarrollo de este trabajo investigativo, se hizo necesario realizar un análisis documental de fuente primarias y secundarias de una manera sistemática, de estudios realizados sobre la importancia del manejo de los lixiviados y componentes que produce el relleno sanitario, tales como técnicas de disposición final de los desechos sólidos, producción de lixiviados y eliminación de biogás.

Un relleno está conformado por una o más celdas, que consiste en la zona de descarga diaria de basura, esta instalación emplea técnicas para confinar la basura en área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactando para reducir su volumen (López, 2016).

Con respecto a la producción de lixiviado, los autores (Mafla y Francisco, 2007) consideran la cantidad de lixiviado producido por un relleno sanitario depende fundamentalmente de las precipitaciones registradas en la zona, de la humedad y composición de los residuos, al igual que de la capacidad de campo que alcance el relleno sanitario. En (Janon et al., 2019) se plantea que los residuos sólidos de rápida descomposición, se inician con la generación de gases a partir del primer años llegando al máximo al quinto; y los de lenta descomposición, tienen producciones de menor volumen y duran hasta 50 años, por eso debe de existir un sistema de manejo o eliminación de gas.

El objetivo de este trabajo investigativo, fue analizar el manejo de lixiviados y componentes que produce el relleno sanitario de Jipijapa. Para lograr el objetivo se decidió determinar las técnicas de disposición de los residuos sólidos, identificar la producción de lixiviado y conocer el sistema de eliminación de gases del relleno.

## Materiales y métodos

Se realizó una investigación documental basada en una revisión sistemática de artículos sobre técnicas de disposición final de los residuos sólidos, producción de lixiviados y eliminación de gases del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa. A fin de recolectar información para el estudio, se empleó fuentes de información primaria y secundarias como:

- Artículos científicos



- Revistas científicas
- Informes
- Tesis de titulación

Esta investigación se inició con revisiones documentales de las variables de estudio: como información extraída de fuentes primarias y secundarias alojadas en bases de datos bibliográficos.

- Google Académico
- Redalyc
- Scielo
- Redib

Se emplearon palabras claves como: “manejo de residuos sólidos”, “producción de lixiviado”, “percolado”, “componentes de desechos sólidos”, “eliminación de gases de relleno”, “sistema de drenaje pasivo”; con la finalidad de focalizar la búsqueda hacia artículos científicos más relacionados con el objeto de estudio, la fuente de información se encontró tanto en idioma español e inglés.

Selección de estudio: criterio de inclusión y exclusión

Se han incluido:

- Artículos científicos e investigaciones de las técnicas de disposición de residuos sólidos, producción de lixiviados y eliminación de gases mediante sistema de drenaje pasivo de rellenos sanitarios.
- Los artículos científicos e investigaciones publicados en los últimos 10 años sobre rellenos sanitarios.

Se han excluido:

- Impacto ambiental de lixiviados generado en relleno sanitario.
- Captura de biogás en relleno sanitarios para la producción de electricidad.
- Los artículos realizados hace más de 10 años sobre rellenos sanitarios

#### **Los métodos empleados fueron:**

Método teórico: permitió la selección de estudio y evidencia de documentos relativos dentro de una situación específica de las técnicas disposición de los residuos sólidos, producción de lixiviados y sistema de drenaje pasivo de gases.

Método analítico deductivo: proporcionó la facilidad de analizar y comparar las diferentes investigaciones realizadas por varios autores en base al estudio de la producción de lixiviado y componentes que produce el relleno sanitario.

#### **Las técnicas empleadas fueron:**



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

Análisis de datos: para proceder a la selección de búsqueda inicial de información, se revisaron los resúmenes y si era necesario el documento completo, con el fin de determinar si el artículo tenía o no relación con el objetivo de estudio. Técnica de triangulación de ideas: este sistema de metodología otorgo un estado en donde convergen diferentes fuentes de datos investigativos, siendo el manejo de los lixiviados y componentes que produce el relleno sanitario el principal objeto a tratar, especificando desde la perspectiva de varios estudios y autores, así como los diferentes resultados obtenidos en cada investigación.

## Resultados y discusión

La investigación basada en revisión bibliográfica de fuente primaria y secundaria, en la que se analizó las técnicas de disposición de desechos sólidos, producción de lixiviados y sistema de drenaje pasivo para en la eliminación de los gases del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa.

En la actualidad los rellenos sanitarios han sido vital para la disposición final de residuos sólidos que continuamente son producto de nuestras actividades resolviendo así un problema y generando otros a causa del manejo como la producción de lixiviados y biogás, donde la presión por este puede originar agrietamiento y fisuras en las terrazas, ingresando agua por las precipitaciones que origina mayor cantidad de gases y lixiviados contaminando el ambiente circundante (Elías et al., 2018).

En este sentido (Viviana et al., 2020) expresan que la técnicas de disposición final de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios, consiste en la disposición de capas de basura compactadas sobre un suelo previamente impermeabilizado para evitar la contaminación de acuífero y recubiertas por capas de suelo. Esta teoría es apoyada por (Alcívar, 2020) afirma que la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continua la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18.4 a 26.5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3.5%.

Se considera apropiado resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario:

- Supervisión constante durante la construcción para mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno sanitario y las operaciones diarias, todo esto mientras se descarga, cubre la basura y compacta la celda para mantener las mismas en condiciones óptimas.
- Desviación del agua de escorrentía para evitar ingresar al relleno sanitario tanto como sea posible.
- Cobertura diaria con una capa de 10 a 20 centímetros de espesor de material (suelo).



- La compactación de RSU con capas de 20 a 30 centímetros de espesor y finalmente cuando toda la celda está cubierta de material (suelo). El éxito del trabajo diario depende en gran medida de este factor, ya que con él puede lograr una mayor densidad y una mayor duración del sitio.
- Control y drenaje de lixiviados y gases para mantener condiciones de operación y de esta manera proteger el medio ambiente.
- El recubrimiento final de aproximadamente 40 a 80 centímetros de espesor se realiza con la misma metodología que para la cobertura diaria; Asimismo, se debe llevar a cabo de tal forma que pueda generar y sostener la vegetación para lograr una mejor integración con el paisaje natural.

En la producción de lixiviados de forma general, el autor (Soares, 2013) considera que la acumulación de desechos en un sitio de disposición final, la circulación del agua proveniente de las precipitaciones entre los residuos y liberación del exceso de humedad de los RS, que al fluir disuelve sustancias arrastrando partículas contenidas en los desechos y la descomposición de la materia orgánica son los autores principales para la generación de líquidos altamente agresivos al ambiente, los cuales se conoce como lixiviados. (Pellón Arrechea et al., 2015) expresan que para el cálculo de la formación de lixiviados se realizó un balance hidrológico en el vertedero, el cual tuvo en cuenta la suma de todas las corrientes de aguas que entran en el mismo y la sustracción de las consumidas en la reacción químicas, así como la cantidad que sale en forma de vapor de agua.

Para el cálculo de la producción de lixiviado se realizó con dos modelos hidrológicos, para la etapa de operación sin y con material de cobertura el modelo de THORNTHWAITE y el modelo de HELP para la etapa de clausura. Para (Martín et al., 2015) afirman que el modelo de balance hidrológico de THORNTHWAITE, pese a ser de los primeros desarrollados, sigue siendo ampliamente utilizado donde se carece de información detallada. Este considera la precipitación como entrada de agua al sistema y la evapotranspiración como salidas. De la misma forma (Guillermo, 2015) expresa que el modelo HELP está basado principalmente en experiencia de los EEUU, considera las condiciones de temperatura, humedad, evapotranspiración, pero se da mayor importancia a las capas de cobertura, los niveles de escurrimiento por el tipo de vegetación que se use en la cobertura y la capacidad de infiltración de las aguas lluvias o nieve, sin embargo, no analiza los componentes de la materia orgánica putrescible y no considera el aporte de lixiviados que esta produce.

Desde esta perspectiva (Baldeón, 2018), afirma que en la etapa de operación se considera que no existe capa vegetal, por lo tanto no se consideró la evapotranspiración real (Etr). Además en la operación se ha considerado que la presencia de la cobertura diaria influirá especialmente en la producción de lixiviados, por lo cual se analizó dos escenarios:

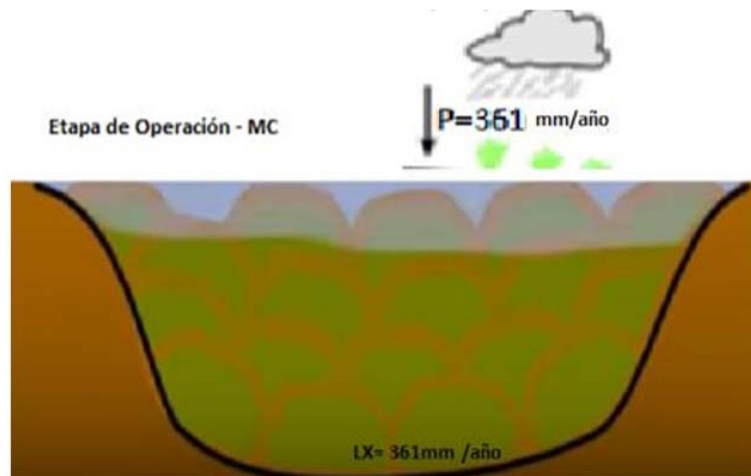


- 1) Etapa de operación sin material de cobertura.
- 2) Etapa de operación con material de cobertura.

**Tabla 1.** Escenarios para la Producción de Lixiviados

Obra	Producción de lixiviados			
	Anual (m3)	Diario (m3)	Acum. (m3/d)	Caudal (l/s)
Modelo Thornthwaite (Etapa de Operación – MC)	6,544.96	17.93	17.93	0.21
Modelo Thornthwaite (Etapa de Operación + MC)	519.39	1.42	1.42	0.02
Modelo HELP (Etapa de Clausura)	32.04	0.09	0.09	0.00

Fuente: Baldeón 2018



**Figura 1.** Modelo THORNTHWAITE (Etapa de Operación - MC)

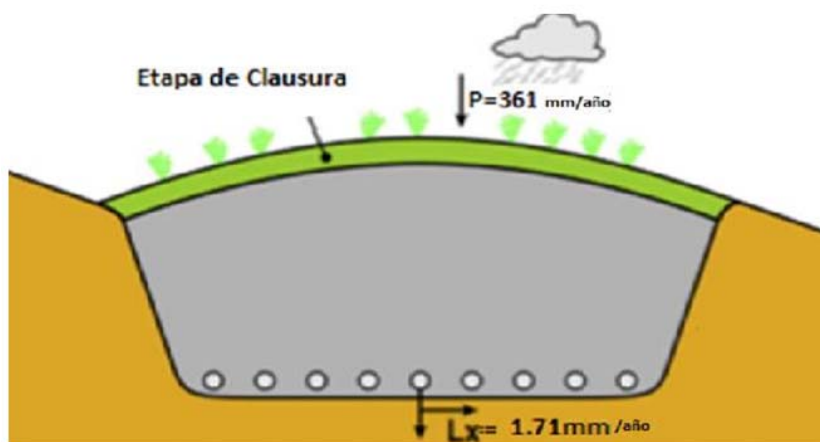
Fuente: Baldeón 2018



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



**Figura 2.** Modelo THORNTHWAITE (Etapa de Operación + MC)  
Fuente: Baldeón 2018



**Figura 3.** Modelo HELP (Etapa de Clausura)  
Fuente: Baldeón 2018

Por su parte, el sistema de eliminación de gases del relleno sanitario, el autor Mora (2017) explica que cuando se evacua el gas de relleno sanitario con drenaje pasivo, se controla la difusión natural de los gases, con el fin de evacuar solamente por los orificios previstos.

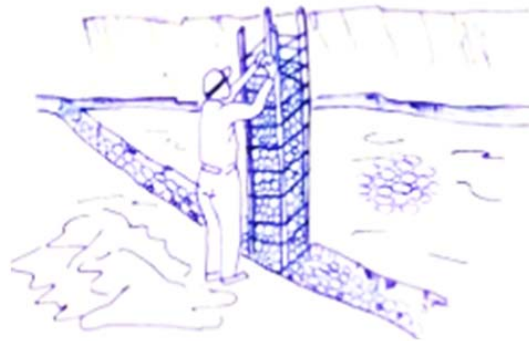
En el mismo orden de idea, (Carangui y Celi, 2018) sostienen que si se realiza el drenaje pasivo hay que construir chimeneas de drenajes durante la operación del relleno sanitario. Aquí se aprovecha de la difusión horizontal del gas en el relleno. El gas se difunde hacia la próxima chimenea y por ella de manera controlada hacia afuera. (Zamora, 2012) explica que las chimeneas tienen que tener una alta permeabilidad, el diámetro ronda entre los 0.3 a 0.5 metros y separadas de 20 a 50 metros, considerando que mínimamente una por celda. Los materiales de construcción pueden ser diversos pero se aconseja puntales de madera, con tablas a cada metro, así mismo recubierto por malla olímpica o



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



mallas de gallinero, rellenos de piedras con diámetros de 4" o 6" u otro tipo de material como piedra partida o grabas de dimensiones mayores a los 4 cm, con el fin de garantizar el flujo del gas durante la vida útil del relleno y su posterior cierre.



**Figura 4.** Chimenea de Puntales de Madera  
Fuente: Zamora 2012

Según (CRA, 2019) refiere que al final de cada chimenea se instala un tubo de hierro galvanizado o un capuchón metálico. La chimenea donde se incinera el gas no debe ser más elevada que la celda para evitar que se mezcle el aire ambiental con el gas combustible. Con la incineración controlada del gas puro de relleno se minimiza el peligro de explosión existente cuando se mezcla el metano con la atmósfera. Este trabajo se debe hacer una o dos veces al mes dependiendo del tamaño del relleno.

## Conclusiones

Los rellenos sanitarios han sido vital para la disposición final de residuos sólidos que son producto de nuestras actividades, donde se generan subproductos como lixiviados y gases. La técnica de disposición de los residuos sólidos, consiste en la colocación de la basura en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra sobre un suelo previamente impermeabilizado, su proceso constructivo depende mucho la cantidad de subproductos que se genera, por lo tanto los parámetros más importantes que merecen tener un control de calidad son: la compactación de las capas, la conformación de pendientes y drenajes para la evacuación de aguas de precipitaciones, la humedad de las capas y la instalación de la geomembrana.

A través del estudio realizado se identificó la producción de lixiviados dentro del relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa, mediante modelos de balance hidrológicos de THORNTHWATE y HELP. Donde en la etapa de operación del relleno se obtuvo 6544.96 m<sup>3</sup>/años sin material de cobertura, 519.39 m<sup>3</sup>/año con material de cobertura y en la etapa de clausura el caudal baja a 32.04 m<sup>3</sup>/año. Pero ambos modelos son limitados porque no se consideran el



análisis de los componentes de la materia orgánica y los aportes de líquidos que producen, por lo tanto los valores de los caudales de lixiviados corresponden más a la cantidad de agua que logra entra al relleno por condiciones meteorológicas del sitio.

El manejo de gases se lo realiza con el sistema de drenaje pasivo, donde se debe construir chimeneas durante su operación, las chimeneas deben tener una alta permeabilidad, su diámetro va desde 0.3 a 0.5 metros y separadas de 20 a 50 metros, considerando una por celda de disposición final. Su construcción se lo realiza con piedra de 4" a 6" o puede ser con otro tipo de material como piedras partidas o gravas mayor a 4 cm, con el fin de aprovechar la difusión horizontal del gas en el relleno y garantizar que evacue solamente por los orificios previstos, hasta llegar al final de la chimenea donde pasa por un tubo de hierro galvanizado para su incineración, el cual no debe ser colocado más elevado que la celda, para evitar que se mezcle el aire ambiente con el gas combustible.

## Conflictos de intereses

El autor de la presente investigación declara que no poseen conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

Conceptualización: Pedro Leonel Pincay Chóez, Luis Alfonso Moreno Ponce, Freddy Humberto Guillen Morales.

Curación de datos: Pedro Leonel Pincay Chóez.

Análisis formal: Pedro Leonel Pincay Chóez, Freddy Humberto Guillen Morales.

Investigación: Pedro Leonel Pincay Chóez.

Metodología: Pedro Leonel Pincay Chóez.

Software: Pedro Leonel Pincay Chóez.

Supervisión: Pedro Leonel Pincay Chóez.

Validación: Pedro Leonel Pincay Chóez, Freddy Humberto Guillen Morales.

Visualización: Pedro Leonel Pincay Chóez, Luis Alfonso Moreno Ponce.

Redacción – borrador original: Pedro Leonel Pincay Chóez, Luis Alfonso Moreno Ponce, Freddy Humberto Guillen Morales.

Redacción – revisión y edición: Pedro Leonel Pincay Chóez, Luis Alfonso Moreno Ponce, Freddy Humberto Guillen Morales.



## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa, ha sido financiada por el autor.

## Referencias

- Carangui, A., & Celi, K. (2018). Estudio Y Diseño Del Relleno Sanitario Alternativo Para El Cantón Coronel Marcelino Maridueña. 180.
- CRA, C. de R. de A. P. y S. B. (2019). Diagnóstico e Identificación de Problemas, Objetivos y Alternativas: Documento de Avance De Análisis de Impacto Normativo. <https://www.cra.gov.co/documents/Documento-AIN-Inversiones-A-APROBADO-CE-3-04-2019-final-comprimido.pdf>
- Díaz-Archundia, L. V., Buenrostro-Delgado, O., Mañón-Salas, M. del C., & Hernández-Berriel, M. del C. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 18(2), 149–159. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2017.18n2.013>
- Elías, J., Jordán, C., Estefanía, B., Paredes, P., & José, M. (2018). residuos sólidos en los rellenos sanitarios de los cantones Mejía y Ambato mediante modelación numérica. 31(Noviembre), 13–38.
- Guillermo, F. (2015). Modelación de la producción de lixiviados que se generan en los componentes putrescibles de los residuos sólidos urbanos de Guayaquil - Ecuador. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 205.
- Iván, V.-R., Melitón, E.-J., José, M.-R., & Agustina, O.-S. (2015). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(3), 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.012>
- Janon, F. V. B. De, Fausto, P., & Neira, M. (2019). Producción de lixiviados, comparación del método de Tchobanoglous con experimentos en lisímetros. *Revista Del Instituto de Investigaciones de La Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 21(42), 63–76.
- Alcívar, J. (2020). “Diseño Geométrico, Plan de Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario de Jipijapa”. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- López, D. (2016). Captación Y Aprovechamiento De Biogás. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/138545/Modelo-para-el-diseno-de-sistemas-de-captacion-y-aprovechamiento-de-biogas-producido.pdf?sequence=1>



- Mafla, C., & Francisco, R. (2007). SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE LIXIVIADOS EN RELLENOS SANITARIOS y su efecto en la contaminación de aguas subterráneas. *Revista UNIMAR*, 25(ISSN 0120-4327), 23–35.
- Martín, C., Sosa, J., Maass, M., Luna, J. de J., Meráz, A. de J., & Flores, E. (2015). Comparison of Methods to Estimate Water Availability on Forest Watersheds. *Terra Latinoamericana*, 33(1), 17–26.
- Mendoza, L. (2017). Generación De Biogás Y Sistema De Gestión.
- Mora, J. (2017). Auditoría ambiental por la operación de la disposición final de desechos sólidos en la ciudad de Milagro.
- Pellón Arrechea, A., López Torres, M., Espinosa Lloréns, M. del C., & González Díaz, O. (2015). Proposal for leachates treatment in a municipal solid waste landfill. *CiII Ingeniería Hídrica y Ambiental*, XXXVI(2), 3–16. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v36n2/riha01215.pdf>
- Santos, M. D. R. V. (2001). Universidad estatal del sur de manabí. 05, 2601657. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2305>
- Soares, A. P. (2013). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Torres Lozada, P., Barba Ho, L. E., Ojeda, C., Martínez, J., & Castaño, Y. (2014). Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 245–256. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n1.2014.960>
- Torres, P., Barba, L. E., & Pizarro, C. (2010). Mitigación de la toxicidad anaerobia de lixiviados mediante mezclas con agua residual doméstica. *Revista Facultad de Ingeniería*, 53, 64–74.
- Viviana, J., Saca, P., Alexandra, J., Villarroel, S., Maribel, V., Yagloa, S., Ivonne, M., & Nieto, F. (2020). *Ciencias de la salud*. 6(08), 35–55. [https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1566/2947%0Afile:///C:/Users/bjumb/Downloads/1566-8791-5-PB \(4\).pdf](https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1566/2947%0Afile:///C:/Users/bjumb/Downloads/1566-8791-5-PB%20(4).pdf)
- Zamora, J. (2012). Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 1–214. <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/07/Guia-para-el-Diseño-Construcción-Operación-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario.pdf>

