

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario

DOI: <https://doi.org/10.38186/difcie.47.03>

Ingrid Milagros Albán Meléndez *

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo realizar un estudio de caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario. El estudio consistió en un análisis documental de los residuos sólidos municipales, y de los diseños de relleno sanitario, así como de las disposiciones vigentes, como la Guía del Ministerio del Ambiente de Perú (2019). Los resultados especificaron un relleno sanitario de tipo manual, con metodología de trincheras o zanja, con un diseño para un período de diez años de vida útil, considerando un volumen total de 5692 m³, para lo cual se necesita de 11 zanjas de 9 m de ancho por 19.50 m de largo, en un terreno de cerca de 2467 m² equivalente a un cuarto de hectárea, para el distrito de Chambará en Perú. De la investigación se concluye que se generan residuos sólidos domiciliarios per cápita con cerca de 0.177 kg/Hab/día (562.69 kg/día); y la generación de residuos sólidos no domiciliarios es de 38.85 kg/día; en resumen, la cantidad total generada de residuos sólidos municipales es de 601.51 kg/día (0.601 Ton/día), las densidades promedio de los residuos sólidos domiciliarios son de 114.38 Kg/m³ y las densidades promedio de residuos sólidos no domiciliario es de 308.55 Kg/m³.

PALABRAS CLAVE: Desperdicio; medio ambiente; tratamiento de desechos; residuos sólidos municipales.

*Universidad Privada César Vallejo, Escuela de Post Grado. Trujillo – Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3443-5734>. E-mail: ingridalban37@gmail.com

Recibido: 01/04/2022

Aceptado: 27/05/2022

Municipal solid waste characterization and landfill design

ABSTRACT

The purpose of this study is to conduct a study of municipal solid waste characterization for the design of a sanitary landfill. The study consisted of a documentary analysis of municipal solid waste, and sanitary landfill designs, as well as current provisions, such as the Guide of the Peruvian Ministry of Environment (2019). The results specified a manual type sanitary landfill, with trench or trench methodology, with a design for a period of ten years of useful life, considering a total volume of 5692 m³, for which 11 trenches of 9 m wide by 19.50 m long are needed, in a land of about 2467 m² equivalent to a quarter of a hectare, for the district of Chambará in Peru. From the investigation, it is concluded that solid household waste is generated per capita with about 0.177 kg/inhabitant/day (562.69 kg/day); and the generation of non-household solid waste is 38.85 kg/inhab/day; in summary, the total amount of municipal solid waste generated is 601.51 kg/inhab/day (0.601 tons/day), the average density of household solid waste is 114.38 kg/m³ and the average density of non-household solid waste is 308.55 kg/m³.

KEY WORDS: Wastes; environment; waste treatment; municipal solid waste.

Introducción

A nivel mundial los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales que constituyen un riesgo para el medio ambiente por disposiciones finales inadecuadas. El manejo de los residuos sólidos es un problema debido a diversos factores: incremento de la población, calidad de vida de cada habitante, falta de cultura ambiental; todos los días se desechan residuos sólidos (“basura”) y la mayoría de ellos de un solo uso, sin reciclaje.

En la actualidad el manejo de los residuos sólidos es un problema en la mayoría de las ciudades, y esto se ve reflejado en la existencia de botaderos que afectan significativamente al medio ambiente, generando contaminación de agua, suelo y aire, como también el incremento de enfermedades afectando la salud de la población.

La municipalidad es la encargada de administrar residuos sólidos en Perú, por lo que cuenta con un botadero a cielo abierto; en general, la entidad no tiene un estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales, lo cual es importante para conocer la generación per cápita y realizar una gestión integral de los residuos sólidos. Por todo ello,

se vienen definiendo alternativas de solución, la más adecuada es la construcción de un relleno sanitario, implementando un plan de gestión de residuos sólidos.

El presente artículo tiene por objetivo realizar una revisión documental sobre la caracterización de residuos sólidos municipales y el diseño de un relleno sanitario.

1. Metodología

La forma de investigar que se utilizó para el presente estudio fue el de la investigación sustentada en la búsqueda de información bibliográfica relacionada con el tema de caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario.

Acerca de los criterios de búsqueda, se revisaron fuentes bibliográficas para poder localizar estudios y temas relevantes. Se usaron dos técnicas de búsqueda para la obtención de los artículos:

La primera técnica consistió en la identificación de las palabras clave que son el principal medio de investigación; fueron palabras extraídas del título, conformadas por una o más palabras, las cuales fueron: residuos sólidos municipales, diseño de relleno sanitario, caracterización de los residuos sólidos y relleno sanitario.

La segunda técnica empleada fue la búsqueda de datos confiables para realizar el rastreo bibliográfico y acceder a las fuentes primarias, en los cuales se usaron bases de datos como los artículos de investigación en repositorios de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Universidad Nacional de Trujillo, Universidad Privada de Tacna, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná. Una vez obtenidos los resultados de las búsquedas a través de las técnicas mencionadas se pasaron por un filtro y se aceptaron aquellos estudios realizados durante los últimos 10 años.

2. Resultados

A continuación se detallan los resultados de la revisión bibliográfica realizada:

El Decreto Legislativo N°1278 del Ministerio del Ambiente de Perú, “señala que se considera como residuos sólidos a todos los objetos, materiales, sustancias o elementos resultantes de consumir o usar determinados bienes o servicios, de los cuales sus poseedores se desprendan o tengan el propósito o el compromiso de desprenderse, para

su manejo priorizado, valorando los residuos y en finalmente, la disposición final” (MINAM, 2017).

Se identifica como residuo sólido, todo residuo o desecho en fase sólida o semi sólida. Asimismo, se considera residuo aquello que siendo líquido o gaseoso se encuentra contenido en recipiente o depósito que va a ser desechado, así como cualquier líquido o gas, que por sus peculiaridades físico químicas no pueda ser ingresado en los sistemas de tratamiento de toda emisión y efluente, y por ello no pueda ser vertido al medio ambiente. En este caso todo gas o líquido debe ser acondicionado de manera segura para su apropiada disposición final (D.L N°1278) (MINAM, 2017).

La recuperación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos es una práctica muy importante para la conservación del medio ambiente; disminuyendo la cantidad de residuos que se depositan a un basural de cielo abierto se puede mejorar mucho la condición de nuestro planeta y tener un mejor estilo de vida (Gonzalo , 2019).

En cuanto a los residuos municipales: “Se refieren a aquellos residuos correspondientes al contexto de las gestiones de la municipalidades o simplemente residuos del municipio; está conformado por residuos de las viviendas o del domicilio y los que provienen de la tarea de barrer y limpiar los espacios públicos; incluye: playas, locales de comercio y los resultantes de distintas acciones urbanas pero no en los domicilios, estos residuos es posible de ser asimilados al servicio de limpieza pública, en el ámbito de sus jurisdicciones” (MINAM, 2017).

Con respecto a los residuos no municipales: “Se entiende por este tipo de residuos, que no corresponde a las gestiones de las municipalidades, son todo aquel residuo considerado peligroso y asimismo los no peligrosos que son generados al realizarse actividades de carácter extractivo, productivo y de servicios. Comprende a los que se generan en la instalación principal y las auxiliares de las actividades” (MINAM, 2017).

A su vez, los residuos sólidos municipales especiales: “Se considera en esta clasificación a todo aquel residuo que, por sus dimensiones o peculiaridades, demandan ser manejados de forma diferente, tal como: residuo producto de un laboratorio de ensayo ambiental y similares, centros de expendio de lubricantes, veterinarias, Malls, feria, demoliciones o remodelaciones de edificios, de obras” (Ministerio Del Ambiente, 2019).

A nivel mundial se generan entre 8. 000 y 10. 000 millones de toneladas de residuos sólidos de todo tipo, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); la actividad antropogénica es la principal generadora de residuos sólidos urbanos y esto conlleva a buscar diferentes alternativas de gestión para tratar de mitigar la problemática de su manejo y disposición final (Esquivel & Lezama , 2019).

Los residuos sólidos generados por habitante en Cairani, distrito que pertenece a la provincia Candarave – en Tacna – Perú, es de 0.33 kg/hab/día por habitante (Causa, 2019).

Los residuos sólidos de tipo domiciliario por habitante generados en Pachía uno de los distritos de Tacna, Perú es de 0,46 kg/hab/día, y que se ha establecido teniendo en cuenta los promedios generados por cada habitante (Mendieta y Mendoza, 2019).

Por otra parte, los residuos sólidos generados por habitante en Santiago de Chuco ciudad de la Región La Libertad, Perú, es de 0.503 Kg/persona/día; siendo los componentes físicos de estos residuos sólidos de carácter orgánico alrededor de 49.49%, inorgánico 50.30% y materiales inertes 0.21% (Quispe y Campos, 2018).

Asimismo, los residuos sólidos generados por persona de tipo domiciliario en la ciudad de Huacrapuquio en Huancayo, Perú, es de 0,365 kg/hab/día, la densidad establecida es de 157, 305 kg/mm, con volúmenes de 0.108 m³. En lo referente a la determinación del lugar del relleno, se tuvo que valorar tres opciones adecuadas. Luego de evaluar criterios técnicos y económicos se optó por el área de Pucutana, por la razón de contar con un área de mayor extensión en relación a las otras opciones; asimismo fue necesario acotar que pertenece al distrito de Huacrapuquio, lo que posibilita acceder a su uso; igualmente está ventajosamente ubicada y cumple con los requerimientos que establece la ley, entre estos, distancia alejada de ríos, de las poblaciones y contrario a la dirección de los vientos (Ortega y Torres, 2016).

El relleno sanitario tiene larga data y se remonta a tiempos anteriores a la Era Cristiana. Al excavar ruinas existentes en las localidades griegas de Kouloure en Chosos, considerada capital de la Creta antigua, fueron encontrados restos de mezcla de basuras y lodo. Recientemente, fueron encontrados restos de rellenos en 1910, en los EEUU, lo cual era una práctica muy usada en la época, ya que los residuos sólidos eran usados en rellenos de cañones. Asimismo, se tiene información que en el siglo XX se acostumbraba a incinerar

la basura en casi todas las partes del mundo, y triturar la basura empezó en los años 20's del pasado siglo (Perez y Rojas, 2016).

En los diseños de rellenos sanitarios es necesarios tener en cuenta ciertos factores elementales para ello, entre estos: dónde deben ser ubicados, la cantidad poblacional proyectada, tipos de residuos sólidos y la cantidad generada; también para diseñar el relleno sanitario hay que disponer de estos elementales recursos: vía de acceso en buen estado, área para infraestructuras, barreras sanitarias, impermeabilizar las bases y estabilizar los taludes, celda o plataforma, drenajes adecuados de aguas superficiales, drenajes de gases, drenajes de lixiviados, módulos para realizar monitoreos ambientales, sistemas de pesaje y registros, subestructuras auxiliares, áreas de almacenes de materiales de techado, señales de identificación, plano de la infraestructura (Ministerio Del Ambiente, 2013).

Al respecto, existen diversas opciones:

Rellenos sanitarios manuales: es una de las modalidades en lo referente a la disposición final de residuos sólidos que van a ser dispuestos en el suelo, para poblaciones menores a 40,000 pobladores; en su desarrollo se aplican principios de Ingeniería Sanitaria, que son relevantes para diseñar los confinamientos y el espacio; esto debe ser implementado con adecuados controles y tratamiento de emisiones que se generan, porque los residuos sólidos se van descomponiendo (los restos orgánicos de estos residuos sólidos), y por el interés de aumentar la vida útil de los rellenos (Mendieta y Mendoza, 2019).

Relleno sanitario semi mecanizado: “corresponde este tipo de diseño a poblaciones hasta cien mil pobladores, generalmente son ciudades que producen residuos sólidos en cantidades diarias entre 20 y 40 toneladas; es necesario contar con maquinaria pesada para diferentes operaciones de construcción” (Causa, 2019).

Relleno sanitario mecanizado: Muy apropiado en caso de ciudades con una población mayor de 100 mil habitantes y que genere más de 50 TM de residuos sólidos; las operaciones se llevan a cabo con tractores, dos al menos; cargadores frontales, etc., esta maquinaria se encarga de la compactación, cubrir los desechos y además suministrar nuevos materiales para cubrir los desechos (Causa, 2019).

De acuerdo a las disposiciones vigentes y los estudios realizados para el despacho de residuos sólidos municipales, es necesario disponer -para un apropiado tamaño del relleno sanitario- de un terreno que tenga al menos un área de 2.88 has, dado que los

rellenos sanitarios que se diseñan para los proyectos municipales se centran en considerar el quantum de residuos sólidos recogidos, en promedio 2.42 ton/día. En esta cantidad se requiere diseñar un relleno sanitario de tipo semi mecanizado y en la tipología de trinchera, el mismo que permite captar lixiviados y gases de metano generados. El área destinada para el relleno sanitario en Chota es de 2.88 has y tendrá un funcionamiento de diez años, y además contará con 5 celdas durante ese tiempo (Navarrete, 2016).

Una planta de tratamiento de residuos sólidos, sustentada en criterios técnicos y legales, debe tener una extensión de promedio de 567 m², con capacidad para producir sostenidamente una cantidad de compost de 2907.69 Kg/ 4 meses, 1017.70 kgs²/meses de vermi compost. A precios del mercado actual va a generar ingresos anuales de S/.14476.94. Al inicio, se va a utilizar solamente 252 m², y la restante área queda para futuras expansiones, para modernizar el relleno, investigaciones, innovaciones de procesos que involucren a la planta. El diseño de la planta piloto de tratamiento de residuos sólidos, debe considerar un horizonte de evaluación de 6 años de vida útil que incluye áreas específicas para el tratamiento y reaprovechamiento de los materiales a trabajar, como papel, cartón, vidrio y residuos orgánicos (Ojeda y Rojas, 2010).

Finalmente, Mendieta y Mendoza (2019) han determinado que el relleno sanitario de tipo manual para la localidad de Pachía en Tacna, cuyo diseño contempla una vida útil de 10 años, ha sido definido considerando un incremento poblacional proyectado hasta el 2028 de 2381 habitantes y que van a generar en residuos un aproximado de 1018,936 kg/hab /día, y dado estas proyecciones se requiere un terreno de 18509,670 m², por lo que se esquematiza el relleno en el área seleccionada y concluye que el terreno tiene que ser más grande o igual a un área de 1,9 Ha (Mendieta y Mendoza, 2019).

3. Discusión

A modo de discusión tenemos lo siguiente:

El objetivo general del presente artículo fue realizar una revisión documental sobre la caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario, cuyo desarrollo ha sido enmarcado en dos aspectos importantes:

1. Respecto a la revisión documental sobre la caracterización de residuos sólidos municipales se determinó que, de acuerdo a la información recopilada, los municipios tienen

dificultades en la gestión y manejo de sus residuos sólidos; la disposición final de los residuos sólidos se realiza en un botadero a cielo abierto que no es controlado y no cumple con las condiciones seguras para su funcionamiento, provocando impactos negativos al medio ambiente. Al respecto, los autores Esquivel y Lezama (2019) señalan que a nivel mundial se generan entre 8. 000 y 10. 000 millones de toneladas de residuos sólidos de todo tipo; según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la actividad antropogénica es la principal problemática de residuos sólidos urbanos y esto conlleva a buscar diferentes alternativas de gestión para tratar de mitigar la problemática.

Para el caso peruano, autores como Causa (2019) refieren que los residuos sólidos generados por habitante en Cairani, distrito que pertenece a la provincia Candarave – en Tacna es de 0.33 kg/hab/día por habitante. En tanto en Pachía uno de los distritos de Tacna, es de 0,46 kg/hab/día (Mendieta y Mendoza, 2019). Por otra parte, los residuos sólidos generados por habitante en Santiago de Chuco ciudad de la Región La Libertad, es de 0.503 Kg/persona/día; siendo los componentes físicos de estos residuos sólidos de carácter orgánico alrededor de 49.49%, inorgánico 50.30% y materiales inertes 0.21% (Quispe y Campos, 2018). Todos estos hallazgos se fundamentan en la definición propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), el cual señala que se considera residuo aquello que siendo líquido o gaseoso se encuentra contenido en recipiente o depósito que va a ser desechado; así como cualquier líquido o gas, que por sus peculiaridades físico químicas no pueda ser ingresado en los sistemas de tratamiento de toda emisión y efluente, y por ello no pueda ser vertido al medio ambiente.

2. En cuanto a la revisión documental sobre diseño de relleno sanitario, de acuerdo a las disposiciones vigentes y los estudios realizados, se determinó que es necesario para un apropiado tamaño del relleno sanitario disponer de un terreno que tenga al menos un área de 2.88 has; en esta área se debe construir un lugar para almacenar los residuos sólidos y, asimismo, otras áreas auxiliares. El relleno debe ser diseñado para operar de manera continua durante diez años y se van a necesitar de cinco celdas. Luego de revisar información especializada se puede afirmar que los rellenos sanitarios que se diseñan para los proyectos municipales se centran en considerar el quantum de residuos sólidos recogidos, en promedio 2.42 ton/día. Al respecto el autor Navarrete (2016) sostiene que el área destinada para el relleno sanitario es de 2.88 has y tendrá un funcionamiento de diez

años y además contará con 5 celdas durante ese tiempo, en esta cantidad se requiere diseñar un relleno sanitario de tipo semi mecanizado y en la tipología de trinchera, el mismo que permite captar lixiviados y gases de metano generados. Del mismo modo, para los autores Ojeda y Rojas (2010) la planta para tratar residuos sólidos debe tener una extensión de promedio de 567 m², con capacidad, para producir sostenidamente una cantidad de compost de 2907.69 Kg/ 4 meses, 1017.70 kgs/2 meses de vermi compost. Para ello, se diseña la planta piloto de tratamiento de residuos sólidos considerando un horizonte de evaluación de 6 años de vida útil que incluye áreas específicas para el tratamiento y reaprovechamiento de los materiales a trabajar como papel, cartón, vidrio y residuos orgánicos.

Para finalizar, los autores Mendieta y Mendoza (2019) han determinado que el diseño del relleno sanitario de tipo manual para la localidad de Pachía en Tacna, contempla una vida útil de 10 años; ha sido proyectado considerando un incremento poblacional proyectado hasta el 2028 de 2381 habitantes y que van a generar en residuos un aproximado de 1018,936 kg/hab /día, por lo que concluye que el terreno tiene que ser más grande o igual a un área de 1,9 Ha. Los hallazgos descritos se fundamentan en la teoría proporcionada por el Ministerio del Ambiente (2013), el cual sostiene que en los diseños de rellenos sanitarios es necesario tener en cuenta ciertos factores elementales como dónde deben ser ubicados, la cantidad poblacional proyectada, tipos de residuos sólidos y la cantidad generada; también para diseñar el relleno sanitario hay que disponer de estos elementales recursos: vía de acceso en buen estado, área para infraestructuras, barreras sanitarias, impermeabilizar las bases y estabilizar los taludes, celda o plataforma, drenajes adecuados de aguas superficiales, drenajes de gases, drenajes de lixiviados, módulos para realizar monitoreos ambientales, sistemas de pesaje y registros, subestructuras auxiliares, áreas de almacenes de materiales de techado, señales de identificación, plano de la infraestructura, entre otros.

Conclusiones

1. Según la información recopilada, los distritos de la ciudad de Chota tienen problemas en la gestión y manejo de sus residuos sólidos; la disposición final de los residuos sólidos se realiza en un botadero a cielo abierto que no es controlado y no cumple con las

condiciones seguras para su funcionamiento, provocando impactos negativos al medio ambiente.

2. Con base al estudio documentado de generación y caracterización de los residuos sólidos municipales con población 3179 habitantes, la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios es de 0.177 kg/hab/día (562.68 kg/día) y la generación no domiciliaria de residuos sólidos es de 38.84 kg/día; por lo tanto, la generación total de los residuos sólidos municipales en promedio es de 601.52 kg/día (0.601 tn/día); la densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios es de 114.39 Kg/m³ y la densidad promedio de los residuos sólidos no domiciliarios es de 308.55 Kg/m³.

3. De acuerdo a las disposiciones vigentes y los estudios realizados, se determinó que es necesario para un apropiado tamaño del relleno sanitario disponer de un terreno que tenga al menos un área de 2.88 has; en esta área se debe construir un lugar para almacenar los residuos sólidos y, asimismo, otras áreas auxiliares. El relleno debe ser diseñado para operar de manera continua durante diez años y se van a necesitar de cinco celdas. Luego de revisar información especializada se puede concluir que los rellenos sanitarios que se diseñan para los proyectos municipales se centran en considerar el quantum de residuos sólidos recogidos, en promedio 2.42 ton/día.

Referencias

Causa, Y. (2019). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales y propuesta de diseño de relleno sanitario manual para el distrito de Cairani - provincia Candarave - Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Esquivel , L., & Lezama , J. (2019). *Diseño de un relleno sanitario y planta segregadora de residuos sólidos urbanos para el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018* . La Libertad: Universidad Nacional de Trujillo.

Gonzalo , R. (2019). *Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Gálvez*. Paraná: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná.

Mendieta , M., & Mendoza, R. (2019). *Caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario manual en el distrito de Pachía - Tacna* . Tacna: Universidad Privada de Tacna.

MINAM, Ley N° 1278 (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2017).

Ministerio Del Ambiente (2013). *Guía de: diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. Lima -Perú.

Ministerio Del Ambiente (2019). *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. *Ministerio del Ambiente*.

Navarrete, S. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de un relleno sanitario para la localidad de Tembladera - distrito de Yonán*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Ojeda, C., & Rojas, B. (2010). *Diseño de la planta piloto de tratamiento y disposición final de residuos sólidos para la Universidad Nacional Del Centro del Perú*. Huancayo: Universidad Nacional Del Centro del Perú.

Ortega, Y., & Torres, S. (2016). *Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos municipales para poblaciones pequeñas*. Junín: Universidad Nacional Del Centro del Perú.

Perez , C., & Rojas, J. (2016). *Diseño de un relleno sanitario semi-mecanizado para el distrito de Santiago de Cao - La Libertad 2015*. Trujillo: Escuela de Ingeniería Ambiental.

Quispe, E., & Campos, J. (2018). *Caracterización y propuesta de manejo de residuos sólidos urbanos en el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.