

Tesis_PérezHerreraWalter

por WALTER PÉREZ HERRERA

Fecha de entrega: 03-jun-2023 09:48a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2104420096

Nombre del archivo: TesisP_rez_HerreraWalter_Final_SinAnexos_CuadroSuelos.pdf (2.97M)

Total de palabras: 12985

Total de caracteres: 74005

²
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Diseño de la infraestructura para la disposición final de los residuos sólidos
en el distrito de Ciudad Eten, Lambayeque 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Walter Pérez Herrera

ASESOR

Aníbal Teodoro Díaz Orrego

²
<https://orcid.org/0000-0003-2861-4015>

Chiclayo, 2023

**Diseño de la infraestructura para la disposición final de los residuos
sólidos en el distrito de Ciudad Eten, Lambayeque, 2021**

PRESENTADA POR
Walter Pérez Herrera

¹³
A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

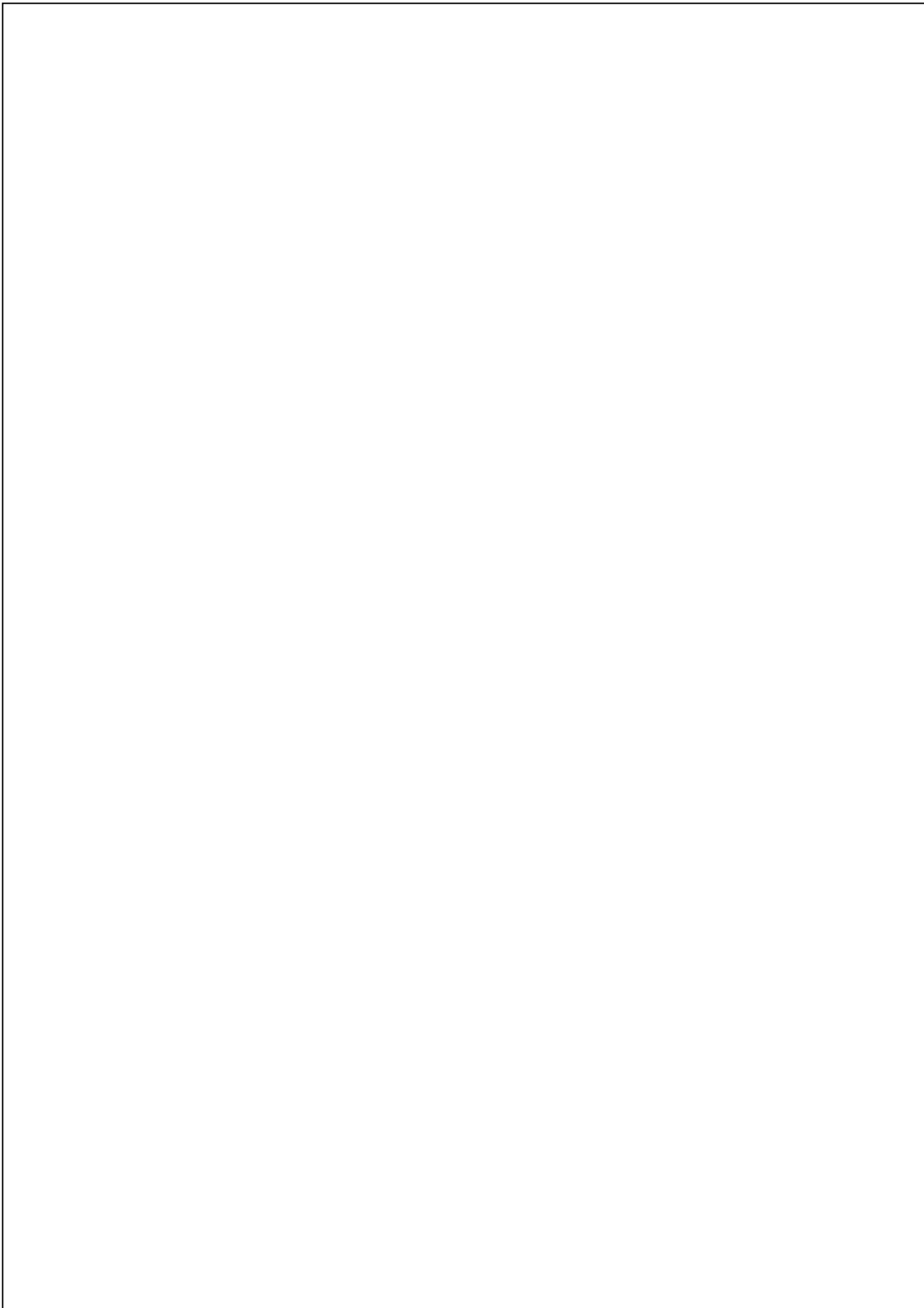
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Nombres y Apellidos
PRESIDENTE

Nombres y Apellidos
SECRETARIO

Nombres y Apellidos
VOCAL



Dedicatoria

Le dedico el presente trabajo a mis padres por ser los pilares dentro de mi familia y los cuales nos guiaron a mi y a mis dos hermanos a siempre dar lo mejor de nosotros para salir adelante.

También va dedicada a mi abuelo Dario y a mi abuela Alicia, quienes partieron con Dios durante el proceso de esta tesis y con quienes tuve una relación cercana y me apoyaron de forma afectiva a no rendirme.

Agradecimientos

Agradezco a mi padre Walter ¹ por apoyarme en todo el proceso de la tesis, su apoyo no fue solo afectivo, sino también con lo que compete a su carrera de arquitectura.

Agradecerle también a mi hermano Daniel por haberme guiado en puntos de la tesis donde no tenía claras las cosas.

A mi asesor por haberse dado tiempo para las reuniones. Y por último agradecerle a los amigos y compañeros que apoyaron en lo que podían.

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	1%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	docplayer.es Fuente de Internet	4%
3	studylib.es Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	www.guiainfantil.com Fuente de Internet	<1%

7
Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Revisión de literatura	23
Materiales y métodos	24
Resultados y discusión	40
Conclusiones	64
Recomendaciones	66
Referencias	67

Lista de figuras

Ilustración 1. ²⁶ Relleno Sanitario Manual.....	19
Ilustración 2. Relleno Sanitario Semimecanizado.....	20
Ilustración 3. Relleno Sanitario Mecanizado.....	20
Ilustración 4. Método de trinchera o zanja.....	21
Ilustración 5. Método de área.....	22
Ilustración 6. Combinación de ambos métodos.....	22
Ilustración 7. Generación per cápita.....	25
Ilustración 8. ³⁸ Cálculo de la densidad y humedad de los residuos.....	26
Ilustración 9. Periodo de retorno.....	28
Ilustración 10. Periodos de vida útil.....	31
Ilustración 11. Detalle de las dimensiones del relleno sanitario.....	32
Ilustración 12. Plano de ubicación.....	40
Ilustración 13. Diagrama de flujo de la infraestructura.....	53
Ilustración 14. Dimensiones de las trincheras.....	56

2 Lista de tablas

Tabla 1. Criterios de selección del área.....	27
Tabla 2. Aspectos mínimos.	28
Tabla 3. Ensayos de laboratorio.....	29
Tabla 4. Ensayos de laboratorio	30
Tabla 5. Superficies de terreno referenciales para celda transitoria y relleno sanitario	31
Tabla 6. Densidad mínima.	32
Tabla 7. Proyección de la población.	41
Tabla 8. Generación de residuos sólidos municipales.....	42
Tabla 9. Composición física porcentual de los residuos sólidos municipales aprovechables..	42
Tabla 10. Composición física porcentual de los residuos sólidos municipales no aprovechables.	43
Tabla 11. Composición física porcentual de los residuos sólidos.....	43
Tabla 12. Cantidad de residuos sólidos municipales destinada a cada área de la infraestructura.	43
Tabla 13. Áreas propuestas.	44
Tabla 14. Calificación final.....	44
Tabla 15. Parámetros morfométricos de la cuenca.	45
Tabla 16. Parámetros morfométricos de la subcuenca.	45
Tabla 17. Precipitaciones máximas anuales.....	46
Tabla 18. Modelos de distribución.....	46
Tabla 19. Precipitaciones máximas para ciertos periodos de retorno.	47
Tabla 20. Ubicación de BM.	47
Tabla 21. Coordenadas perimétricas.	48
Tabla 22. Coordenadas de los puntos de exploración.....	48
Tabla 23. Resultados de ensayos de laboratorio.	49
Tabla 24. Resultados de ensayos químicos.....	49
Tabla 25. Capacidad portante.....	50

Tabla 26. Resultados de ensayo de permeabilidad de suelos cohesivos.	50
Tabla 27. Requerimientos mínimos.	51
Tabla 28. Resultados.	52
Tabla 29. Generación de residuos.	52
¹⁷ Tabla 30. Generación de residuos sólidos aprovechables inorgánicos.	54
Tabla 31. Áreas de zonas del área de reciclaje.	54
⁵ Tabla 32. Generación de residuos sólidos aprovechables inorgánicos.	55
Tabla 33. Áreas de zonas del área de compostaje.	55
Tabla 34. Datos para el cálculo de las propiedades de la sección.	58
Tabla 35. Resultados de características para sistema de drenaje pluvial perimetral.	58
Tabla 36. Vías de acceso.	59
Tabla 37. Estructuras complementarias.	59
Tabla 38. Programa de inversiones.	61

Resumen

Esta tesis busca realizar el diseño de una infraestructura que ayude a solventar la problemática con la que cuenta el distrito de Ciudad Eten con relación a la disposición final de sus desechos sólidos municipales, además buscará también que se reaprovechen los desechos sólidos que puedan tener una segunda vida útil. Para que sea posible el diseño de esta infraestructura fue necesario realizar estudios previos, tal es el caso del estudio de caracterización el cual nos mostró que en el distrito se generan 8.81 tn/día de residuos sólidos, asimismo se elaboró el análisis hidrológico donde se pudo diseñar estructuras de drenaje tanto pluvial como de lixiviados para evitar que nuestra infraestructura a crear llegue a inundarse, fueron también importantes los estudios de mecánica de suelos y topográficos para de esta forma poder diseñar todos los componentes de la infraestructura, la cual contará con diversas áreas, tal es el caso del área de guardianía, control y pesaje, área administrativa, área de vestuarios y ss. hh., área de compostaje, área de reciclaje, cuatro trincheras, etc. Este diseño fue elaborado con una tasa crecimiento anual de 1.2% y proyectado para una vida útil de 20 años.

Se elabora este diseño con la finalidad de otorgar un óptimo nivel de vida a los habitantes de dicha localidad, así como disminuir las enfermedades que aquejan a los pobladores a causa del incorrecto fin que se les dan a los residuos sólidos y generación de empleo para los mismos pobladores del distrito.

Palabras clave: Desechos sólidos, relleno sanitario, compostaje, infraestructura, diseño.

63 Abstract

This thesis seeks to carry out the design of an infrastructure that helps to solve the problems that the Ciudad Eten district has in relation to the final disposal of its municipal solid waste, in addition it will also seek to reuse solid waste that may have a second useful life. In order for the design of this infrastructure to be possible, it was necessary to carry out previous studies, such is the case of the characterization study which showed us that 8.81 tn/day of solid waste are generated in the district, the hydrological analysis was also elaborated where it was possible to design drainage structures for both rainwater and leachate to prevent our infrastructure to be created from flooding, soil mechanics and topographic studies were also important in order to design all the components of the infrastructure, which will have various areas. Such is the case of the security, control and weighing area, administrative area, changing room and restroom area, composting area, recycling area, four trenches, etc. This design was developed with an annual site variation rate of 1.2% and projected for a useful life of 20 years.

This design is elaborated with the purpose of granting an optimum standard of living to the inhabitants of said locality, as well as reducing the diseases that afflict the inhabitants due to the incorrect purpose that is given to solid waste and generation of employment for the same inhabitants of the district.

Keywords: Solid waste, landfill, composting, infrastructure, design.

Introducción

“A nivel nacional, cada día se generan aproximadamente ²⁵ 23 mil toneladas de desechos, de las cuales, ocho mil provienen de Lima, la capital, que dentro de su jurisdicción con cuatro sitios designados para la disposición controlada de residuos. El material reciclado es mínimo, incluso los cálculos más optimistas indican que solo representa el 15%. La cantidad de basura es significativa, según ²⁵ advierte la ministra del ambiente, Fabiola Muñoz, quien insta a la "separación" de ²⁵ nuestros desechos sólidos para facilitar su posterior reciclaje.” [1]

Como se muestra en la noticia emitida por el portal RPP, actualmente en el país, la producción de desechos sólidos al día arroja una cifra realmente alarmante (23 mil toneladas) que con el tiempo probablemente siga aumentando por el hecho de que la población seguirá creciendo, pero quizás este no sea la problemática primordial, ya que la producción de desechos sólidos es algo inevitable, el principal problema sería el hecho de que no existan las suficientes infraestructuras para su correcta y adecuada disposición final, si bien es cierto hay departamentos en donde existen estas infraestructuras, estas no abastecen a todos sus distritos, a esto sumémosle el hecho de que tampoco ¹⁸ existe una óptima ¹⁸ gestión de los residuos sólidos, lo cual implica que existan planes, decretos, normas e incluso sanciones en caso no se cumpla lo establecido por cada entidad donde se lleve o implemente algún plan de gestión ambiental.

Según SINIA, en el Perú en los años 2017, 2018 y 2019 se produjeron 0.56, 0.55, 0.57 kg/hab/día (ver anexo 1.1), respectivamente de residuos sólidos domiciliarios urbanos, lo cual refleja lo mencionado anteriormente, que con el tiempo la población irá creciendo y por consiguiente la producción de desechos sólidos también tendrá un crecimiento en proporción a la población.

Si bien es cierto gran responsabilidad del control ¹ y ¹ disposición final de residuos sólidos ¹ recae sobre ¹ las entidades ¹ que brindan este servicio; la población también debería apoyar a que ⁷⁷ los ⁷⁷ residuos sólidos ⁷⁷ tengan un buen ⁷⁷ manejo y ⁷⁷ disposición final, ya que el domicilio de cada uno es el lugar donde se genera un gran porcentaje de residuos sólidos, entonces hasta llegar a su disposición final, lo que cada habitante debería hacer es una segregación de estos desde casa; en caso de producir residuos sólidos fuera de casa y contar con tachos de colores proporcionados por la municipalidad, se debería colocar donde corresponda, es entonces cuando podríamos decir que la ciudad ha sido sensibilizada acerca de esta problemática y está apoyando.

Actualmente, en nuestro país, la corrupción por parte de nuestras autoridades es una problemática que aqueja a muchos ámbitos, incluyendo al de la gestión ambiental. Un ejemplo

claro de esto lo podemos apreciar en el portal informativo RPP, el cual publicó un artículo acerca de este problema, al cual tituló “Chiclayo. La ciudad donde el tratamiento de la basura fracasó por la corrupción” [2], en este artículo, en resumen, hablan de que una cooperación internacional había captado a Chiclayo para poder realizar un proyecto piloto y de esta forma poder contribuir a que la ciudad esté más limpia, ya que de las 400 toneladas que produce diariamente, solo 180 toneladas son recolectadas y las 220 toneladas restantes se encuentran en las calles y avenidas, sin embargo, luego de cierto tiempo las autoridades que estuvieron presentes cuando se llevó a cabo esta alianza fueron detenidas por actos de corrupción y la cooperación evaluó dejar el proyecto pero el nuevo alcalde no permitió esto, a pesar de que la cooperación decidió continuar con el proyecto, tiempo después nuevamente las autoridades fueron detenidas por actos de corrupción. Como conclusión de esta noticia emitida por el portal informativo RPP, se puede apreciar claramente que la corrupción existente en nuestro país suma varios puntos en contra, que no permiten realizar un buen plan de gestión de desechos sólidos en nuestro país.

El SINIA, da a conocer un documento llamado “Mapa nacional de ubicación de infraestructuras de disposición final, 2019” [3], donde se detalla en un mapa del Perú qué departamentos cuentan con instalaciones para la correcta disposición final de residuos sólidos, como rellenos sanitarios, rellenos sanitarios con celdas, etc. (consultar anexo 1.2). En dicho informe se observa que el departamento de Ayacucho cuenta con 7 instalaciones de relleno sanitario, mientras que el departamento de Lambayeque no registra ninguna instalación para una correcta disposición final de estos residuos. En resumen, se puede concluir que el distrito de Ciudad Eten, el cual será objeto de evaluación en esta tesis, carece de una infraestructura para la disposición final adecuada de sus residuos sólidos.

Según un estudio realizado por la municipalidad del distrito, en Ciudad Eten se generan 8.81 tn/día de residuos sólidos [4], siendo la generación per cápita (GPC) de 0.78 kg/hab/día [4] un valor que debería ser controlado, desde su generación hasta su disposición final (ver anexo 1.3).

El distrito de Ciudad Eten hasta el año 2019, según INEI en su informe “Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2020” [5], contará con 12 896 habitantes y en el año 2020 con 13 118 habitantes, entonces se puede observar que hubo un aumento en la población de dicho distrito y por consiguiente un aumento en su producción de residuos sólidos, el hecho de no contar con infraestructuras de disposición final hace que estos residuos sean arrojados a algún botadero, que finalmente termina perjudicando tanto el ambiente como la salud de las habitantes pertenecientes al distrito. Es por este motivo que a través de la presente tesis se pretende diseñar una zona en la cual el distrito pueda no solo

darle un fin correcto a sus residuos sólidos, sino también reaprovecharlos y de esa manera colaborar a la protección del medio ambiente y por consiguiente de sus habitantes.

En cuanto a la justificación económica del presente proyecto se tiene el hecho de que se generarán muchos puestos de trabajo dentro de la infraestructura que serán principalmente tomados por habitantes de la zona, asimismo el hecho de que se tendrá en cuenta la valoración de los residuos reaprovechables orgánicos e inorgánicos para su posterior venta y así obtener ingresos económicos y como último punto dentro de la justificación económica, se tiene al hecho de que la población disminuirá gastos en salud, pues el hecho de implementar una infraestructura para el control de estos residuos contribuirá a que disminuyan las enfermedades que causaban el mal manejo de los mismos.

La justificación social de esta iniciativa busca optimizar la calidad de vida de los pobladores del distrito de Ciudad Eten. Esta infraestructura tiene como objetivo reducir las enfermedades causadas por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, además de eliminar la presencia de montículos de basura en la ciudad.

Finalmente, como justificación ambiental, se busca la mejora del ambiente en el distrito, sobre todo dentro del área que es usada actualmente como botadero, la cual será recuperada o renovada, según corresponda. para de esta forma evitar que se siga contaminando todos los factores que se vienen siendo contaminados, tales como: flora, fauna, suelo, agua, aire, paisaje e incluso bienes materiales y patrimonio cultural.

El objetivo general es diseñar la infraestructura destinada a la gestión final de los residuos sólidos en el distrito de Ciudad Eten. Como objetivos específicos, se plantea analizar el estudio de caracterización proporcionado por la municipalidad, llevar a cabo un estudio para seleccionar el área adecuada para la ubicación del relleno sanitario, realizar un estudio topográfico exhaustivo de la zona elegida, llevar a cabo un estudio hidrológico detallado, realizar un análisis de la mecánica de suelos de la zona seleccionada, investigar las canteras disponibles, desarrollar el diseño de la infraestructura necesaria y llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los impactos ambientales.

Bases teórico científicas

Marco legal

Decreto Legislativo N° 1278. [6]

Normatividad que orienta el desarrollo y uso de tecnologías que favorecerán a que se minimice la generación de los residuos sólidos, asimismo su valoración tanto material como energética y por último a que tengan una adecuada disposición final. Esta ley promueve la valorización, reutilización, reciclaje y más alternativas para que se tenga un buen control de los residuos sólidos. Señalar también que esta normativa impulsa la economía circular.

Ley N° 28611 [7]

Fue creada por el estado a ver la necesidad de contribuir con el medio ambiente en nuestro país, ya que el deterioro del mismo fue en aumento de manera alarmante, es por esto que esta ley fue lanzada con el fin de organizar una correcta gestión ambiental para así poder luchar en contra de las problemáticas ambientales en nuestro país, esta ley debe ser acatada por cualquier persona natural o jurídica perteneciente al Perú.

D.S. N° 012-2009 [8]

El principal objetivo del presente decreto supremo es brindarles a los habitantes un nivel de vida óptima, por tanto, se busca tener en nuestro país ecosistemas funcionales, saludables y viables y que el país se desarrolle, pero de forma sostenible, es decir cuidando nuestro medio ambiente, para poder lograr esto, se pretende la protección, prevención y recuperación, en caso sea necesario, de nuestro medio ambiente y sus factores, de tal manera que no se infrinjan los derechos de cada poblador.

1 **Norma Técnica Peruana**

NTP.900.0.58-2019 [9]

Muestra los colores con los que se debería representar los depósitos de residuos sólidos, para que exista una correcta segregación, esta norma va dirigida tanto a la gestión municipal como a la gestión no municipal. Debería tomarse bastante en cuenta porque una correcta segregación, es una forma de minimizar los impactos negativos generados en contra de nuestro medio ambiente.

NTP E-020 [10]

Toda edificación soporta cargas mínimas ya sean vivas, muertas, por acción del viento, etc. Es por esto que en esta norma encontraremos cuales son los presuntos valores mínimos que serán empleados para realizar un correcto diseño de las estructuras ya sean de concreto armado, acero o madera.

NTP E-030 [11]

Los eventos sísmicos siempre son causantes de terribles desastres, estos afectan sobre todo a las edificaciones construidas por el hombre, es por esto que se creó la presente norma para que se pueda diseñar estructuras que sean capaces de resistir estos eventos sísmicos, toda estructura nueva o aquella estructura que se pretenda reparar o reforzar debe estar diseñada bajo los parámetros o contenidos mínimos que se tienen en este documento.

NTP E-050 [12]

La base de las edificaciones, tal es el caso de las zapatas, plateas de cimentación, etc., cumplen un rol muy importante en el correcto diseño de las estructuras. Es por esto que en la presente norma se muestra los requisitos mínimos que se debe tener para hacer un correcto estudio de mecánica de suelos, ya que este informe es base para poder diseñar cimentaciones que se adecuen a las exigencias del terreno. Esta norma como todas las mencionadas hasta ahora son aplicables dentro del territorio nacional.

NTP E-060 [13]

Toda edificación elaborada con concreto armado, simple o concreto preesforzado deberá regirse y guiarse de esta norma, pues esta será la que le brinde los requerimientos mínimos para el correcto análisis y diseño de sus elementos tales como columnas, vigas, etc. Asimismo, se podrá rescatar información acerca del proceso constructivo, control y supervisión de edificaciones con estructuras del material antes mencionado.

NTP E-090 [14]

Cuando se desee construir estructuras metálicas, todo ingeniero o persona que desee diseñar este tipo de estructuras tendrá que basarse en los requerimientos mínimos de esta normativa.

Manuales y guías

Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. [15]

Al observar que solo una pequeña proporción (19.3%) de los residuos sólidos tenían un fin correcto y controlado, como última opción, el MINAM ha propuesto esta guía para la construcción y operación de infraestructuras en las cuales se les pueda dar un fin adecuado a aquellos residuos sólidos no reutilizables en el país. En esta guía, podemos encontrar amplia información acerca de la correcta gestión de residuos sólidos a nivel nacional, así como los procedimientos y requerimientos mínimos necesarios para la construcción de un relleno sanitario. También se aborda el funcionamiento del relleno sanitario en sí, así como su control y monitoreo.

1 Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. [16]

El PLANRES nos proporcionará datos sobre el estado actual de la gestión de residuos sólidos en nuestro país, con el objetivo de facilitar la generación de diversas ideas y programas que establezcan directrices de trabajo. Estas pautas buscan no solo mejorar la calidad ambiental, sino también crear oportunidades para el desarrollo de un enfoque integral de gestión de residuos sólidos.

Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos municipales. [17]

Esta guía tiene como objetivo ayudar y simplificar la labor del responsable del diseño y construcción de una infraestructura destinada a la adecuada disposición final de residuos municipales. Proporciona información esencial y directrices técnicas necesarias para que el diseñador considere los aspectos técnicos, ambientales, legales, económicos y sociales al implementar la infraestructura correspondiente. Dentro de la guía, se encuentra información sobre la selección del área para la ubicación de la infraestructura, así como el diseño, la construcción y la implementación del proyecto, concluyendo con detalles sobre su operación, mantenimiento y seguimiento adecuados.

1 Manual de Carreteras, Suelos y Geología, Geotecnia y Pavimentos R.D. N°10-2014-MTC/2014 [18]

Para lograr un diseño adecuado de las vías de acceso en el presente proyecto, fue necesario utilizar esta norma, la cual proporciona a los ingenieros y a cualquier persona que requiera esta

información los criterios técnicos correctos para el diseño de las capas y la superficie de rodadura de una carretera, ya sea pavimentada o no pavimentada. Esto garantiza que la carretera o vía de acceso tenga estabilidad estructural y cumpla con su función de forma efectiva.

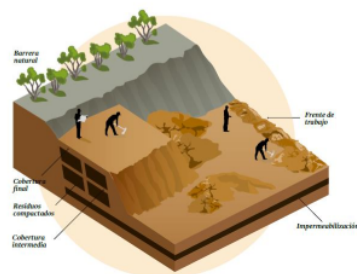
4 **Relleno Sanitario**

Es un enfoque de gestión final que implica colocar los residuos sólidos que han completado su ciclo de vida en el suelo. Este método puede ser aplicado tanto por debajo como por encima del suelo, dependiendo de la técnica elegida. Se recomienda este método debido a que no representa peligro para la salud de la población que lo utiliza, y también contribuye al cuidado del medio ambiente. [17]

4 **Clasificación de los rellenos sanitarios**

Rellenos Sanitarios Manuales: Consiste en el uso de herramientas manuales, es decir, no hay necesidad de usar maquinaria pesada. Esta técnica de disposición final será aplicable para aquellas poblaciones en donde su generación diaria de residuos sólidos sea menor o igual a 6 toneladas. Ejemplo de lo mencionado anteriormente es que las actividades como el esparcido, recubrimiento diario, compactación, etc., son ejecutados por peones que usan herramientas como picos, rodillo de compactación manual, lampas, carretillas, etc. [17]

Ilustración 1. Rellenos Sanitarios Manuales

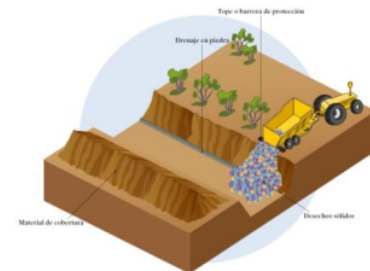


Fuente. [17].

Rellenos Sanitarios Semimecanizados: Este tipo de relleno sanitario se caracteriza por hacerse empleo tanto de maquinaria pesada como del uso de herramientas manuales, se podría decir que es una combinación de tipo manual y mecanizado. Esta técnica de disposición final será aplicable para aquellas poblaciones en donde la generación de

residuos sólidos sea ³⁶ mayor a 6 toneladas, pero menor o igual que 50 toneladas por día. [17]

Ilustración 2. Rellenos Sanitarios Semimecanizados



Fuente. [17].

Rellenos Sanitarios Mecanizados: En este tipo de instalación ²⁸ de disposición final de residuos, debido a la gran cantidad de desechos que se reciben, ya no es viable utilizar herramientas manuales. Por lo tanto, todas las actividades llevadas a cabo en su interior requieren el uso exclusivo de maquinaria pesada, tal es el caso de volquetes, tractores oruga, cargadores frontales, motoniveladoras, etc. Esta técnica de disposición final será aplicable para aquellas poblaciones en donde la generación diaria de residuos sólidos sea mayor a 50 toneladas. [17]

Ilustración 3. Rellenos Sanitarios Mecanizados



Fuente. [17].

Métodos de construcción y operación

De acuerdo a la guía proporcionada por el MINAM, existen dos enfoques de construcción para los rellenos sanitarios, y la elección de alguno de estos métodos, dependerá de factores como ³² las características topográficas de la zona, la composición física de los residuos, el clima, las precipitaciones pluviales, entre otros. Los métodos son los siguientes:

- ¹ **Método de trinchera o zanja:** Se realiza en territorios planos, que no cuenten con mucha pendiente, también una característica especial es que el nivel freático del suelo este muy por debajo de la zona donde se tiene pensado excavar para hacer este tipo de relleno sanitario, para de esta forma evitar su contaminación. Como su propio nombre lo dice en este método se busca excavar trincheras o zanjas en las cuales se pretende vaciar los residuos sólidos para luego ser cubiertos por material impermeable.

¹ Ilustración 4. Método de trinchera o zanja.



Fuente. [17].

- **Método de área:** Cuando no sea posible realizar excavaciones en el terreno o área destinada para ¹⁴ el relleno sanitario, se sugiere utilizar el método de área, el cual implica la creación de plataformas elevadas sobre la superficie natural del suelo. Estas plataformas pueden alcanzar alturas variables.

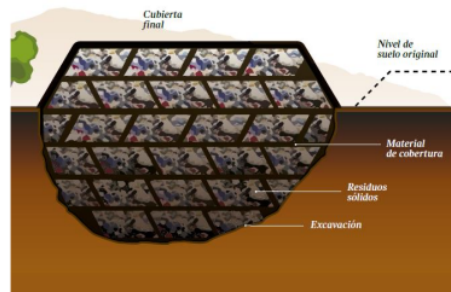
Ilustración 5. Método de área.



Fuente. [17].

- 1
Combinación de ambos métodos: Este método también es usado en determinadas circunstancias y cuando las características del terreno lo permiten, también se emplea este método. Se comienza con la técnica de trinchera, que consiste en una excavación profunda, y una vez que se alcanza el nivel natural del terreno, se pasa al método de área. De esta forma, se usaría al máximo el espacio designado para la disposición final de residuos.
 2

Ilustración 6. Combinación de ambos métodos.



Fuente. [17].

Compostaje y Reciclaje

Compostaje

Según [19], el compostaje es un sistema que consiste en tratar los residuos sólidos orgánicos de forma microbiológica, casi siempre en condiciones aeróbicas. Para poder realizarse este compost que finalmente puede ser usado en el sector agrícola, se tiene que pasar estos residuos sólidos orgánicos aprovechables principalmente por dos etapas, tal es el caso de la etapa de

descomposición como de la etapa de maduración, se tienen más fases o etapas como el pre tratamiento, en donde este material antes de pasar a la etapa de descomposición se puede mezclar u homogeneizar, siempre y cuando lo requiera, asimismo se tiene el post tratamiento, pero estas fases no son indispensables.

Reciclaje

Existen residuos sólidos inorgánicos aprovechables a los cuales se les puede dar una segunda vida útil, tal es el caso del papel, el plástico, etc. Es por esto que es importante la actividad del reciclaje, ya que ayudaría a no desechar residuos sólidos que aún pueden ser usados, esto apoyaría a la idea de tener una economía circular.

Revisión de literatura

A nivel internacional no se cuenta con mucha información actual acerca de este tema, sin embargo, se encontraron los siguientes estudios relacionados a la presente investigación.

En [20] hablan acerca del relleno sanitario de Aguachica-Colombia. Por el año en el que realizo la investigación (2017) el relleno sanitario perteneciente a Aguachica estaba por concluir su vida útil, por tal motivo se realizó un rediseño de la infraestructura para la disposición de residuos sólidos, todo esto previo a estudios realizados y también basándose en su normativa, en este caso hicieron el diseño de acuerdo a lo establecido en el RAS (Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico).

A nivel nacional, los estudios relacionados a la presente investigación son los siguientes.

En [21] realizan un trabajo acerca del diseño de un relleno sanitario semimecanizado para un distrito del departamento de Huancayo, que contará con 10 zanjas y 365 celdas, además de contar con un área de compostaje, reciclaje y más zonas complementarias, tal es el caso de un comedor, servicios higiénicos, etc.

Gómez, E. [22] presenta una tesis que se llevó a cabo en el departamento de Puno y tiene como objetivo mejorar las condiciones de gestión de los residuos sólidos en el distrito donde previamente se utilizaba un vertedero como método de disposición final. Por esta razón, se optó por diseñar un relleno sanitario, siguiendo la guía de diseño, construcción, operación,

mantenimiento y cierre de vertederos. Además, se realizaron diversos estudios de ingeniería, como la caracterización de los residuos sólidos, la selección del área, el levantamiento topográfico de la zona, estudios hidrológicos, geotécnicos, geológicos, evaluación de impacto ambiental y otros más.

En [23] se realizó un proyecto que tiene como objetivo evaluar el diseño de un relleno sanitario y una planta segregadora en el departamento de La Libertad, como infraestructuras para la disposición final de residuos, con el fin de mejorar la calidad del medio ambiente. Para llevar a cabo este proyecto, se realizaron varios estudios, como un estudio topográfico de la zona, un estudio hidrogeológico, un estudio de referencia de la zona y un estudio de impacto ambiental. Estos estudios son comunes en proyectos similares. Finalmente, se presenta el diseño de ambas infraestructuras, detallando las áreas y características de estas.

En nuestra casa de estudios, Gamonal, G. [24] realiza una tesis que aborda el problema de la contaminación ambiental causada por una gestión inadecuada de residuos en el distrito de Olmos. Para ello, se propone la construcción de una infraestructura destinada a la disposición final de los residuos sólidos municipales en un área de 10 hectáreas. Esta infraestructura incluirá un relleno sanitario manual, un sistema de drenaje de lixiviados y plantas de valorización. El propósito de estas plantas es proporcionar oportunidades de empleo formal para la población local, garantizando al mismo tiempo las medidas de seguridad necesarias en la comercialización de reciclado, además de instalaciones básicas dentro de una infraestructura (oficinas administrativas, servicios higiénicos, vestuarios, etc.).

Materiales y métodos

El tipo de investigación del presente proyecto es aplicada además se sabe que como técnica principal de recopilación de datos tenemos a la observación directa que se hizo mediante visitas al área del proyecto, incluyendo también la indagación estadística y base de datos que nos otorgó la propia municipalidad, siempre y cuando tuviera los datos que se puedan usar para la elaboración de la infraestructura, tal es el caso de planos de la zona, en caso la municipalidad lo tuviera. También se hizo el análisis de documentos.

Instrumentos

- Para el levantamiento topográfico: Teodolito, Mira, Jalón, Estacas, Wincha, GPS, etc.

- Para el ensayo ⁷¹ de mecánica de suelos: Laboratorio de mecánica de suelos e instrumentos (horno, balanzas, tamices, cuchara casa grande, etc.) necesarios para realizar los ensayos (contenido de humedad, análisis granulométrico, densidad relativa, etc.).
- Software de computación: Sap 2000, Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCad, Civil 3D, ArcGis, S10 Costos y Presupuestos.

Procedimientos

Análisis del estudio de caracterización

Este objetivo tiene como propósito analizar ²⁰ la información ²⁰ proporcionada por la ²⁰ municipalidad, especialmente aquellos documentos relacionados con ²⁰ la gestión de residuos ²⁰ sólidos del distrito. ² Se llevará a cabo un estudio detallado tanto del aspecto demográfico de la zona como ² del estudio de caracterización realizado por la municipalidad. ¹ El estudio demográfico tiene como objetivo proporcionarnos información relevante sobre ¹ la población actual, la tasa de crecimiento y las proyecciones futuras en el área de influencia del proyecto. Estos datos son esenciales ¹ para el diseño de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos de la localidad. ¹⁴ Por otro lado, el estudio de caracterización tiene como finalidad recopilar información sobre ¹⁴ la generación per cápita de residuos, la densidad, ¹ la composición porcentual de los diferentes tipos de residuos generados a diario (como materia orgánica, ¹ papel, cartón, plástico PET, vidrio, metales, pilas, etc.) ² y la humedad ¹ de los residuos sólidos en el área de estudio. Estos datos también son fundamentales ¹ para el diseño de la infraestructura de ¹ disposición final de residuos sólidos. El MINAM nos brinda un documento [25] en donde nos orientan y detallan de forma concisa los pasos a tomar en cuenta para poder llevar a cabo un buen estudio de caracterización. ² Esta guía estructura ² el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en tres fases: ¹ planificación, ¹ trabajo de campo y operaciones, y ¹ análisis de información. La ¹ etapa de planificación establece los objetivos y metodología del estudio. La etapa de trabajo de campo implica la recolección de datos mediante diversas técnicas y herramientas.

Ilustración 7. Generación per cápita.

$$\text{GPC} = (\text{Peso Promedio de residuos del día 1 al día 7}) / (\text{n}^\circ \text{ de habitantes de vivienda})$$

Fuente. Elaboración Propia.

Ilustración 8. ³⁸ Cálculo de la densidad y humedad de los residuos.

$$\text{Densidad(S)} = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * (H_f - H_o)}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

W: Peso de los residuos sólidos

Vr: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

Hf: Altura total del cilindro

Ho: Altura libre del cilindro

π: Constante (3.1416)

$$\text{Húmedad de la basura W (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

Fuente. Elaboración Propia.

Estudio de selección del sitio

¹¹ El objetivo principal de este estudio es realizar una ⁸ adecuada selección del sitio para la ubicación de la infraestructura destinada a la disposición final de residuos sólidos. Este proceso implica evaluar cuidadosamente las áreas preseleccionadas utilizando los criterios proporcionados [17], esta guía nos proporciona un cuadro resumen de criterios, con el cual se podrán evaluar dichas áreas, es decir, estas áreas deberán cumplir con ciertos requisitos mínimos impuestos por el DL N° 1278 y el DS N° 014-2017, una vez conocidos estos requisitos, serán evaluadas en base a un puntaje que irá del 1-5, siendo: 1-Regular, 3-Moderado y 5-Bueno. A continuación, se calculará una calificación final para cada criterio y haciendo la suma total de la calificación otorgada a todos los criterios se obtendrá un puntaje que finalmente ⁴ podrá medir si el área seleccionada es un terreno no aceptable (regular), terreno aceptable (moderado) o terreno aceptable de primera opción (bueno).

Tabla 1. Criterios de selección del área.

ITEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN	LEY DL N° 1278 Y SU REGLAMENTO DS N° 014-2017
1	Distancia a la Población más cercana (m)	> 500 (*)
2	Distancia a Granjas de Crianza de animales (m)	> 500 (*)
3	Distancia a Fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedades o recarga de acuíferos (m)	> 500 (*)
4	Distancia de Fallas geológicas	> 500 (*)
5	Vulnerabilidad de desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	
6	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros)	
7	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	> 13000 (*)
8	Área de terreno (m ²)	
9	Vida útil	3 o 10 años (**) Mínimo 15 años (***)
10	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	
11	Pendiente del terreno (topografía)	
12	Geología del suelo (permeabilidad)	
13	Profundidad de la napa Freática (m)	
14	Posibilidad del material de cobertura	
15	Cuenta con barrera sanitaria Natural	
16	Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km)	
17	Uso actual del suelo y área de influencia	
18	Opinión Pública	
19	Área natural protegida por el estado	
20	Área arqueológica	
21	Propiedad del terreno	

Fuente. [17].

Estudio topográfico

Este estudio es un análisis técnico y descriptivo de un terreno específico, en este caso, del **área seleccionada para el diseño de la infraestructura destinada a la disposición final de residuos sólidos**. Este estudio implica realizar diversas actividades para obtener una representación precisa del relieve del terreno, considerando sus características físicas, geográficas, geológicas y cualquier detalle natural o artificial presentes en la superficie a ser analizada.

En [17], se detallan los aspectos mínimos a tener en cuenta para llevar a cabo un levantamiento topográfico adecuado al realizar **un proyecto de infraestructura para la disposición final de residuos**. A continuación, se presentan dichos aspectos mínimos.

Tabla 2. Aspectos mínimos.

ITEM	ASPECTOS MÍNIMOS PARA ESTUDIO TOPOGRÁFICO
1	Materialización de puntos de control geodésico (mínimo dos puntos), para que el plano topográfico resultante esté graficado en proyección UTM y cotas absolutas.
2	Inicio necesariamente de los puntos de control geodésico previamente materializados en lugares seguros de la zona y posibilidad de aumentar el número de puntos dependiendo de la extensión y del relieve del terreno.
3	Densidad de puntos de relleno topográfico suficiente para obtener la representación real del relieve de la superficie del terreno.
4	Orientación del norte magnético.
5	Graficado de proyección UTM y Datum WGS 84.
6	Curvas de nivel con equidistancia de 1 m (zonas de relieve ondulado y accidentado y equidistancia de 0.5 m (zonas onduladas a llanas).
7	Poligonal perimétrica y toda la infraestructura existente (trochas, senderos y detalles importantes que se observen en el lugar.

Fuente. [17].

Estudio hidrológico

Este estudio pretende obtener información sobre los parámetros hidrológicos y morfométricos del área donde se construirá la infraestructura, con el fin de calcular el caudal máximo de escurrimiento. Este dato es fundamental para el diseño del sistema de drenaje pluvial del proyecto. Además, conocer todos los parámetros hidrológicos de la zona permitirá determinar la cantidad de lixiviados que se generarán en el relleno sanitario.

Por último, se realizará una verificación para determinar si el área propuesta para la construcción de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos es susceptible a inundaciones o no. Esta característica es importante para garantizar el desarrollo adecuado del proyecto. Para poder desarrollar este punto será necesario hacer uso del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. [26]

Ilustración 9. Periodo de retorno.

$$R = 1 (1-1/T)^n$$

Fuente. Elaboración Propia.

48 Estudio de mecánica de suelos

El objetivo del estudio de mecánica de suelos es analizar la composición del suelo en el área de estudio y proporcionar información sobre su estructura. Este estudio nos proporcionará datos relevantes, como el contenido de humedad del suelo, la capacidad de resistencia del suelo y su comportamiento mecánico, entre otros aspectos, todos estos datos se calcularán previos a cierto ensayos que se le harán a las muestras de suelo obtenidas del área a ser evaluada, estas muestras son mejor conocidas como calicatas, las cuales se realizan a profundidades de entre 1.50 m a 3.50 m, se realizarán tantas calicatas sean necesarias para abarcar toda el área estudiada. Es importante también saber el tipo de suelo con el propósito de hacer un buen diseño estructural sismorresistente. Los ensayos a realizar en el presente proyecto serían los siguientes:

2 Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

Ensayos	Norma Técnica Peruana
Ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127
Ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128
Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo	NTP 339.131
Proctor Modificado	NTP 339.141
Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	NTP 339.145
Ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelo y agua subterránea	NTP 339.17
Ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelo y agua subterránea	NTP 339.178
Ensayo para la permeabilidad de los suelos cohesivos	NTP 339.127
Ensayo de corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas	NTP 339.171
Ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos	NTP 339.131
Peso volumétrico de suelos cohesivos	NTP 339.139

Fuente. Elaboración propia.

Estudio de canteras

Se tiene planeado que la carpeta de rodadura de las vías de acceso quede a nivel de afirmado, por tal motivo se necesita tener el material adecuado para realizar un correcto diseño, es por esto que se le realizarán ensayos al afirmado de la cantera más conveniente para así poder tener unas buenas vías de acceso. Los ensayos que se le deben realizar son los que se muestran en la Tabla 04. Asimismo para el material de cobertura se necesita un material impermeable y la guía nos pide que cuente con un coeficiente $k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/seg. Este material, según la guía, de preferencia debe ser extraído de la misma zona del proyecto, pero para que esto se pueda dar

es necesario hacer el ensayo de permeabilidad al material que se tenga dentro de la zona del proyecto, en caso no cumpla con el k de permeabilidad que pide el MINAM, será necesario buscar un lugar de extracción en el cual el material si cumpla con las condiciones que pone el MINAM.

¹
Tabla 4. *Ensayos de laboratorio*

Ensayos	Norma Técnica Peruana
Ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127
Ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128
Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo	NTP 339.131
Proctor Modificado	NTP 339.141
Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	NTP 339.145
Resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2") por medio de la máquina de los angeles	NTP 400.019

Fuente. Elaboración propia.

² Diseño de la infraestructura para la disposición final de residuos

En relación al objetivo general de diseñar la infraestructura, se considerarán los siguientes aspectos: ¹ calcular el área necesaria para el relleno sanitario, el cual será dividido finalmente en trincheras, diseñar la planta de reciclaje y compostaje, establecer el ¹ diseño del sistema de drenaje para la recolección y recirculación de lixiviados, y diseñar el sistema de drenaje pluvial. Todos estos aspectos deben ser evaluados de manera precisa para así poder garantizar el buen funcionamiento de la infraestructura y poder aprovechar al máximo el área proporcionada por la municipalidad. Para llevar a cabo estos cálculos, es fundamental contar con información precisa sobre la producción ⁶⁴ de residuos sólidos generados en el distrito de Ciudad Eten, información ⁴⁶ que será extraída del estudio de caracterización. Una vez se tenga esta información, el plan de la infraestructura es separar los residuos sólidos en residuos reaprovechables y no reaprovechables. Los residuos reaprovechables serán separados en residuos orgánicos e inorgánicos, mientras que los orgánicos serán enviados a la planta de compostaje, los inorgánicos serán enviados a la planta de reciclaje. Finalmente, los residuos no reaprovechables serán enviados al relleno sanitario.

- **Extensión del terreno y vida útil**

Es necesario considerar una superficie mínima recomendada como un dato preliminar ⁴⁶ relevante para la implementación de una infraestructura de disposición final de residuos.

Esta área tentativa abarcará desde celdas transitorias hasta vías de acceso y su cálculo se basará en una tabla proporcionada en [17]. La selección de esta superficie mínima recomendada dependerá del tipo de relleno sanitario. Además, es crucial tener información sobre la vida útil prevista para la infraestructura de disposición final, puesto que este dato será finalmente usado para proyectar las dimensiones del relleno a este tiempo previsto.

Ilustración 10. Periodos de vida útil.



Fuente. [17].

Tabla 5. Superficies de terreno referenciales para celda transitoria y relleno sanitario

	CELDA TRANSITORIA Y RELLENO SANITARIO MANUAL (*)	CELDA TRANSITORIA Y RELLENO SANITARIO SEMI MECANIZADO (*)	CELDA TRANSITORIA, RELLENO SANITARIO MECANIZADO (*) Y RELLENO SECO.
	(60/día)	(50 t/día)	(100 t/día) (800 t/día)
Superficie de terreno para vida útil de 3 años (celda transitoria)	0,25 ha	1,45 ha	3,00 has (15,00 ha)
Superficie de terreno para vida útil de 10 años (Relleno sanitario)	0,75 ha	3,30 ha	(10,00has) (25,00 ha)
Vías, campamento, áreas libres, infraestructura diversa	4,00 ha	5,25 ha	(10,00 has)(10,00 ha)
Superficie mínima recomendable:	5,00 ha	10,00 ha	(23,00 ha) (50,00 ha)

Fuente. [17].

- **Dimensionamiento del relleno sanitario**

- **Volumen de residuos sólidos**

Para calcular el volumen de residuos sólidos ya sea diaria, mensual o anual, es necesario contar con el dato de la cantidad de residuos que se producen (t/día, t/mes, t/año, etc) y de la densidad mínima, dato que nos otorga el ministerio del ambiente en su guía.

$$V_{\text{diario}} = \frac{\text{Cantidad de residuos sólido producidos (t/día)}}{\text{Densidad mínima de los residuos sólidos (t/m}^3\text{)}}$$

$$V_{\text{anual compactado}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

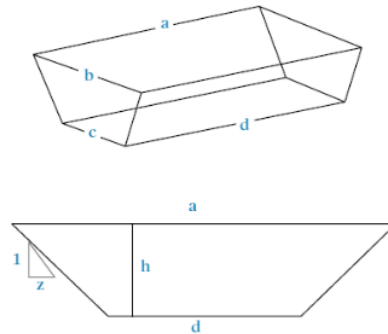
Tabla 6. Densidad mínima.

Densidad mínima proyectada (tn/m ³)
0.5
0.6
0.7

Fuente. [17].

Dimensionamiento del relleno sanitario

Ilustración 11. Detalle de las dimensiones del relleno sanitario



Fuente. Elaboración Propia

$$\text{Volumen} = \frac{1}{3} \times h \times (a \times b + c \times d + \sqrt{(a \times b) \times (c \times d)})$$

a = Largo de base mayor

$b =$ Ancho de base mayor

$c =$ Ancho de base menor

$d =$ Largo de base menor

$h =$ altura

Volumen del material de cobertura

$m.c. =$ *V* anual compactado \times (0.20 \times 0.25)

$m.c. =$ Material de cobertura que equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados

- **Diseño de área de reciclaje**

Todo residuo sólido inorgánico reaprovechable será enviado a la planta de reciclaje, con el fin de evitar más contaminación, como es el caso del papel, cartón, plásticos, etc., pues se buscará darla una segunda vida útil.

Área de la cámara de recepción

$$V = \frac{Re}{\rho_{\text{inorgánico}}}$$

$V =$ Volumen de residuos inorgánicos disponibles (m³/día)

$Re =$ Residuos inorgánicos recepcionados $\left(\frac{\text{ton}}{\text{día}}\right)$

$\rho_{\text{orgánico}} =$ Densidad residuos inorgánicos $\left(\frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}\right)$

$$Ade = \frac{V}{H}$$

$V Ade =$ Área de depósito $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{día}}\right)$

$V =$ Volumen de residuos inorgánicos disponibles (m³/día)

$H =$ Altura de recepción de los residuos sólidos inorgánicos (m)

Área de segregación

Será propuesta por el proyectista, teniéndose en cuenta que será esta el área donde se segregarán los residuos sólidos urbanos, serán separados en tres tipos: reaprovechables inorgánicos, reaprovechables orgánicos y no reaprovechables. Los residuos sólidos reaprovechables inorgánicos ser quedarán en esta zona de reciclaje para seguir su

proceso, los residuos sólidos reaprovechables orgánicos serán enviados a la zona de compostaje y finalmente los no aprovechables serán enviados a las trincheras.

Área de prensado y embalaje

Esta área tendrá un superficie que será un 30% de la sumatoria del área de recepción y segregación.

1 Área de almacenamiento

Al igual que el área de segregación, el área de aprovisionamiento será propuesta por el proyectista.

- **Diseño de área de reciclaje**

La función principal de la planta de compostaje es convertir los residuos orgánicos, que han sido previamente separados o segregados del total de residuos sólidos, en compost o abono orgánico mediante un proceso de descomposición aeróbica, es decir, en presencia de oxígeno. Este compost obtenido se utiliza posteriormente con fines agrícolas. Por lo tanto, resulta fundamental contar con una planta de compostaje como parte de la infraestructura, ya que contribuirá a reducir la contaminación.

Para determinar la cantidad de residuos sólidos que se utilizarán en la planta de compostaje, se aplicará la siguiente fórmula:

$$U_{cf} = U_{ci} * (1 + i\%)^t$$

$$U_{cf} = \text{Cantidad de residuos sólidos en planta año final} \left(\frac{Tn}{\text{dia}} \right)$$

$$U_{ci} = \text{Cantidad de residuos sólidos en planta inicial} \left(\frac{Tn}{\text{dia}} \right)$$

$i\%$ = tasa de crecimiento

t = Años de vida del proyecto

Área de recepción

$$A_{cr} = \frac{U_{cf}}{\rho_{orgánico} * H_c}$$

A_{cr} = Área de la cámara de recepción (m²)

U_{cf} = Cantidad de residuos sólidos urbanos $\left(\frac{Tn}{día}\right)$

$\rho_{orgánico}$ = Densidad residuos orgánicos $\left(\frac{Tn}{m^3}\right)$

H_c = Altura de los residuos dispersos (m)

Pretratamiento. Área de mezcla u homogenización (trituration de material seco)

Esta área es un 20% adicional del área de recepción.

Área de descomposición o degradación

a) Volumen de la pila

$$V_d = \frac{U_{cf} * T_{des}}{\rho_{compostaje}}$$

V_d = Volumen de la pila de descomposición (m³)

U_{cf} = Cantidad de residuos sólidos urbanos a recibir en planta $\left(\frac{Tn}{día}\right)$

$\rho_{compostaje}$ = Densidad residuos compostados $\left(\frac{Tn}{m^3}\right)$

T_{des} = Tiempo de descomposición (días)

b) Longitud de la pila

$$L_d = \frac{V_d}{\left(\frac{B_d * h_d}{2}\right)}$$

L_d = Longitud de la pila de descomposición (m)

V_d = Volumen de la pila de descomposición (m³)

B_d = Base de la pila (m)

h_d = Altura de la pila (m)

c) **Número total de pilas**

$$N^{\circ} \text{ total de pilas} = \frac{L_d}{L_f}$$

$N^{\circ} \text{ total de pilas}$ = Número de pilas

L_d = Longitud de la pila de descomposición (m)

L_f = Longitud estandar de la fila de degradación (m)

d) **Área de pilas de descomposición**

$$A_d = N^{\circ} \text{ total de pilas} * B_d * L_f$$

A_d = Área de pilas para la degradación

B_d = Base de la pila (m)

L_f = Longitud estandar de la fila de degradación (m)

Área de maduración

a) **Longitud de la pila**

$$L_m = \frac{V_d * \frac{1}{2}}{\left(\frac{B_m * h_m}{2}\right)}$$

L_m = Longitud de la pila de maduración (m)

V_d = Volumen de la pila de descomposición (m³)

B_m = Base de la pila (m)

h_m = Altura de la pila (m)

b) **Número total de pilas**

$$N^{\circ} \text{ pilas} = \frac{L_m}{L_f}$$

$N^{\circ} \text{ pila}$ = Número de pilas de maduración

L_m = Longitud de la pila de maduración (m)

L_f = Longitud estandar de la fila de degradación (m)

c) **Área de pilas de maduración**

$$A_M = N^{\circ} \text{pilas} * B_m * L_f$$

$$A_M = \text{Área de pilas de maduración (m}^2\text{)}$$

$$B_m = \text{Base de la pila (m)}$$

$$L_f = \text{Longitud estandar de la fila de maduración(m)}$$

Postratamiento. Área de cribado o triturado

$$A_{\text{cribado}} = \frac{V_d * \frac{1}{3}}{h_{\text{cribado}}} + \text{espacio de maquinaria}$$

$$A_{\text{cribado}} = \text{Área de cribado (m}^2\text{)}$$

$$V_d = \text{Volumen de la pila de descomposición (m}^3\text{)}$$

$$h_{\text{cribado}} = \text{Altura de cribado (m)}$$

Área de almacenamiento

$$A_{\text{alm}} = \frac{V_d * \frac{1}{3} * t_{\text{alm}}}{h_{\text{alm}}}$$

$$A_{\text{alm}} = \text{Área de almacenamiento (m}^2\text{)}$$

$$V_d = \text{Volumen de la pila de descomposición (m}^3\text{)}$$

$$t_{\text{alm}} = \text{Tiempo de almacenamiento (días)}$$

$$h_{\text{alm}} = \text{Altura de almacenamiento (m)}$$

Área total de la planta de compostaje

$$A_{\text{TPC}} = A_{\text{cr}} + A_{\text{pre}} + A_d + A_M + A_{\text{cribado}} + A_{\text{alm}}$$

$$A_{\text{TPC}} = \text{Área total de la planta de compostaje (m}^2\text{)}$$

$$A_{\text{cr}} = \text{Área de la cámara de recepción (m}^2\text{)}$$

$$A_{\text{pre}} = \text{Área de pretratamiento (m}^2\text{)}$$

$$A_d = \text{Área de pilas para la degradación}$$

$$A_M = \text{Área de pilas de maduración (m}^2\text{)}$$

$$A_{\text{cribado}} = \text{Área de cribado (m}^2\text{)}$$

$$A_{\text{alm}} = \text{Área de almacenamiento (m}^2\text{)}$$

Diseño del sistema de drenaje, recolección y recirculación de lixiviados ¹

Para establecer el caudal medio de lixiviado se optó trabajar con el Método Suizo que sugiere [17], que nos otorga el MINAM.

- Método Suizo

$$Q = \frac{1}{t} P * A * K$$

$$Q = \text{Caudal medio de lixiviados} \left(\frac{\text{Lts}}{\text{seg}} \right)$$

$$P = \text{Precipitación media anual} \left(\frac{\text{mm}}{\text{año}} \right)$$

$$A = \text{Área superficial del relleno} (\text{m}^2)$$

K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura

$$t = \text{Número de segundos en un año} \left(31536000 \frac{\text{seg}}{\text{año}} \right)$$

- Volumen de lixiviados

$$V = Q * t$$

$$V = \text{Volumen de lixiviado que serán almacenado} (\text{m}^3)$$

$$Q = \text{Caudal medio de lixiviado} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \right)$$

$$t = \text{número máximo de meses con lluvias consecutivas} (\text{mes})$$

Diseño del sistema de drenaje pluvial ²

Para el cálculo de sistema de drenaje pluvial perimetral de la zona se hará uso del software hcanales 3.1, el cual nos proporcionará las dimensiones de la zanja o canal de sección rectangular que se planea diseñar, pero antes se tuvo que haber obtenido el valor del caudal que produce la precipitación máxima registrada, valor que se calcularía en el estudio hidrológico de la zona. Este caudal será calculado gracias a [26].

Instalaciones complementarias ⁸²

Se llevará a cabo la elaboración del diseño de las instalaciones o estructuras complementarias, como, por ejemplo, las vías de acceso, donde será imprescindible contar con un diseño adecuado de la carretera que funcionará como ruta de acceso, para esto es necesario características como el estudio de tráfico que llegará a la infraestructura, adicional a esto, el tipo de vehículos que transitará esta vía de acceso. También se implementará a la

infraestructura, una caseta de vigilancia, que aportará al control de seguridad de la infraestructura; oficinas administrativas, que serán edificios de concreto armado que deben ser diseñados bajo el RNE, en especial en los siguientes reglamentos, NTP E.020, NTP E.030, NTP E.060 y NTP E.090, para este apartado será necesario el diseño tanto estructural como arquitectónico, complementario a esto, se necesitarán planos de saneamiento y sanitarios; asimismo se proyectará también un área de estacionamiento, un almacén, un depósito y servicios higiénicos, como punto final se tiene que tener en cuenta la habilitación del servicio de agua y luz dentro de toda la infraestructura.

2 **Evaluación de impacto ambiental**

Este objetivo tiene como finalidad, identificar, predecir e interpretar los efectos ambientales que podrían surgir durante su ejecución. Estos efectos pueden ser tanto favorables como desfavorables. Para llevar a cabo este objetivo, es necesario identificar las actividades que se llevarán a cabo, así como los factores ambientales que se verán afectados por estas actividades durante las tres etapas del proyecto. Para obtener información precisa sobre las actividades del proyecto, es necesario contar con el expediente técnico del mismo.

Una vez recopilados los datos mencionados anteriormente, se elaborará una matriz de Leopold, que proporcionará información crucial, como la actividad que genera el mayor impacto negativo, la actividad que genera el mayor impacto positivo, el factor más afectado negativamente y el factor más afectado positivamente. A partir de esta matriz, se desarrollarán planes o programas para controlar, prevenir y mitigar los impactos negativos, además de fomentar un mayor cuidado en la ejecución de estas actividades.

Resultados y discusión

Resultados

Ubicación Geográfica

El distrito de Ciudad Eten, situado en el norte de Perú, forma parte de la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Su centro poblado se encuentra aproximadamente a 1.5 km de distancia del mar. Las coordenadas geográficas de Ciudad Eten son latitud sur: $6^{\circ}53'45''$ y longitud oeste: $79^{\circ},51',48''$.

Los límites del distrito son los siguientes:

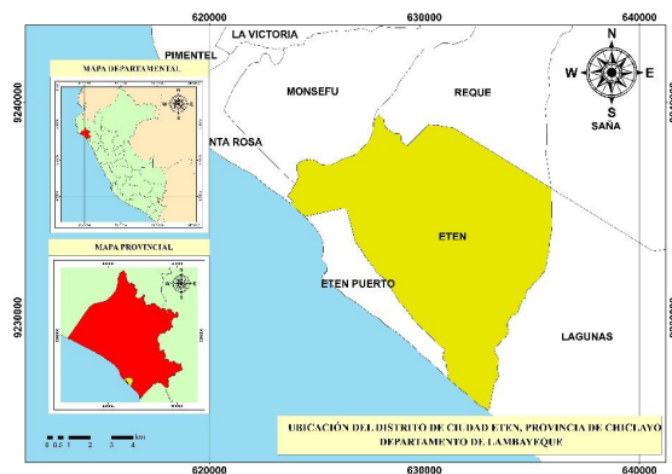
Al norte, limita con el distrito de Monsefú.

Al sur, limita con Puerto Eten y el distrito de Lagunas.

Al este, limita con el distrito de Reque.

Al oeste, limita con Puerto Eten y el Océano Pacífico.

Ilustración 12. Plano de ubicación.



Fuente. Elaboración propia.

Población

Según el censo realizado por el INEI en el año 2017, la población del Distrito de Eten en la provincia de Chiclayo es de 11,993 habitantes. Para el presente proyecto, se utilizó el método aritmético para realizar una proyección de la población.

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$

Pf: Población futura (habitantes)

Pa: 11993 habitantes (año 2017)

r: 0.012% tasa de crecimiento poblacional

t: Número de años

Teniéndose como base la población del año 2007 y 2017, se calculó la cantidad de población al año 2020, año en el que se realizó el estudio de caracterización. Además, se hizo la proyección a 20 años, el cual será el tiempo de vida útil de la infraestructura, los datos calculados serán usados según la necesidad del diseño.

Tabla 7. Proyección de la población.

Año	Población (Habitantes)	
-	2007	10673
-	2017	11993
-	2018	12141
-	2019	12290
-	2020	12438
-	2021	12586
1	2022	12735
2	2023	12883
3	2024	13031
4	2025	13180
5	2026	13328
6	2027	13476
7	2028	13625
8	2029	13773
9	2030	13921
10	2031	14070
11	2032	14218
12	2033	14366
13	2034	14515
14	2035	14663
15	2036	14811
16	2037	14960
17	2038	15108
18	2039	15256
19	2040	15404
20	2041	15553

Fuente. Elaboración propia.

Análisis del estudio de caracterización

Después de revisar exhaustivamente el informe de estudio de caracterización elaborado por la municipalidad, se llegó a la conclusión de que se realizó de manera precisa. Los datos más destacados del estudio incluyen la producción anual de residuos sólidos con un valor de 3215.87 toneladas por año. Además, se identificó que la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios es de 8220.42 kg/día, mientras que los residuos sólidos no domiciliarios alcanzan

los 590.17 kg/día. Por último, se determinó ² que la generación per cápita municipal es de 0.84 kg/día.

Tabla 8. *Generación de residuos sólidos municipales.*

Población Urbana del Distrito (hab) A	GPC Domiciliaria (kg/hab/día) B	Generación Domiciliaria (kg/día) C=AxB	Generación No Domiciliaria (kg/día) D	Generación Municipal (kg/día) E=C+D	GPC Municipal (kg/día) F=E/A	Generación Total (tu/año) Ex365/1000
12438	0.78	8220.42	590.17	8810.59	0.84	3215.87

Fuentes. [4].

También se llevó a cabo un análisis ¹ de la composición porcentual de los residuos sólidos municipales, tanto domiciliarios como no domiciliarios. Los datos obtenidos se presentarán a continuación, siguiendo las categorías establecidas en [25].

Tabla 9. *Composición física porcentual de los residuos sólidos municipales aprovechables.*

Tipo de residuo sólido	Domiciliarios (%)	No Domiciliarios (%)	Composición Porcentual (%)
1. Residuos aprovechables	74.40	82.76	78.58
1.1 Residuos Orgánicos	60.13	64.15	62.14
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	60.13	64.15	62.14
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas y tallos, grass, otros similares)			
1.2 Residuos Inorgánicos	14.27	18.61	18.44
1.2.1 Papel	4.58	4.38	4.48
Blanco	4.58	4.38	4.48
Periódico			
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)			
1.2.2 Cartón	2.84	4.48	3.66
Blanco (liso y cartulina)	2.84	4.48	3.66
Marrón (corrugado)			
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)			
1.2.3 Vidrio	0.82	1.33	1.07
Transparente	0.82	1.33	1.07
Otros colores (marrón - ámbar, verde, azul, entre otros)			
Otros (vidrio de ventana)			
1.2.4 Plástico	3.21	5.31	4.26
PET-Tereftalato de polietileno (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	1.56	4.36	2.96
PEAD-Polietileno de alta densidad (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)	0.00	0.00	0.00
PEBD-Polietileno de baja densidad (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)	0.00	0.00	0.00
PP-Polipropileno (baldes, tinas, rifa, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers, bolsas de cereales)	1.65	0.95	1.30
PS-Polistireno (tapas cristalinas de cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)	0.00	0.00	0.00
PVC-Policloruro de vinilo (tuberías de agua, desagüe y eléctricas)	0.00	0.00	0.00
1.2.5 Tetra brik (envases multicapa)	0.91	1.55	1.23
1.2.6 Metales	0.34	0.42	0.38
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	0.34	0.42	0.38
Acero			
Hierro			
Aluminio			
Otros Metales			
1.2.7 Textiles (telas)	1.51	0.86	1.19
1.2.8 Caucho, cuero, lebe	0.06	0.27	0.17

Fuente. Elaboración Propia.

² **Tabla 10. Composición física porcentual de los residuos sólidos municipales no aprovechables.**

Tipo de residuo sólido	Domiciliarios (%)	No Domiciliarios (%)	Composición Porcentual (%)
2. Residuos no aprovechables	25.60	17.24	21.42
Bolsas plásticas de un solo uso	1.65	3.78	2.71
Residuos sanitarios (papel higiénico, pañales, toallas)	5.56	4.14	4.85
Pilas	0.24	0.77	0.51
Tecnopor (poliestireno expandido)	1.41	1.04	1.23
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre)	16.10	4.24	10.17
Restos de medicamentos	0.12	0.81	0.46
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	0.26	1.09	0.68
Otros residuos no categorizados	0.26	1.36	0.81
TOTAL	100.00	100.00	100.00

Fuente. Elaboración Propia.

Después de analizar todos los datos del estudio realizado por la municipalidad, se procedió a calcular la cantidad diaria de materia orgánica, materia inorgánica y residuos sólidos no aprovechables generados. Estos datos son sumamente importantes, ya que serán utilizados para el correcto dimensionamiento de cada área, tal es el caso del diseño de la planta de compostaje, la planta de reciclaje y el relleno sanitario. A continuación, se presentan los datos mencionados anteriormente.

² **Tabla 11. Composición física porcentual de los residuos sólidos.**

Clasificación de residuos sólidos municipales	Porcentaje (%)
Materia orgánica	62.14
Materia inorgánica	16.44
Residuos sólidos aprovechables	78.58
Residuos sólidos no aprovechables	21.42

Fuente. Elaboración propia.

¹⁵ **Tabla 12. Cantidad de residuos sólidos municipales destinada a cada área de la infraestructura.**

Área	Generación diaria (kg/día)	GPC (kg/día)
Compostaje	5474.90	0.52
Reciclaje	1448.46	0.14
Relleno sanitario	1887.23	0.18

Fuente. Elaboración propia.

¹⁹ Estudio de selección de sitio

Se evaluaron áreas con el propósito de escoger la mejor para el diseño de la infraestructura, a continuación, se mostrará un cuadro donde se muestran las dos zonas, con sus respectivas coordenadas, que fueron escogidas para realizar esta evaluación.

Tabla 13. Áreas propuestas.

Item	Denominación	Distrito	Coordenadas UTM Datum		Altitud (msnm)	Zona
			Este	Norte		
1	Propuesta 01	Ciudad Eten	629844 m	9235097 m	23	17 M
2	Botadero Sorrocote	Monsefú	620584 m	9242660 m	13	17 M

Fuente. Elaboración propia.

La evaluación de ambas propuestas se realizó de acuerdo a los criterios que se tienen en [17]. Habiéndose realizado esta evaluación a ambas propuestas, se tuvo como resultado final el siguiente puntaje.

Tabla 14. Calificación final

PUNTAJE PONDERADO TOTAL		CALIFICACIÓN	PROPUESTA 01 CONDICIÓN	PROPUESTA 02 CONDICIÓN
0	195	Terreno no aceptable - Regular (*)	NO ES EL CASO	NO ES EL CASO
195	355	Terreno aceptable - Moderado	NO ES EL CASO	CUMPLE
355	+	Terreno aceptable de primera opción - Bueno	CUMPLE	NO ES EL CASO

*La alternativa ganadora debe superar los 195 puntos

Fuente. Elaboración Propia

Como se observa ambas propuestas son terrenos que se pueden usar para el diseño de la infraestructura, sin embargo, la propuesta 01 tiene un puntaje mayor, siendo un terreno aceptable y de primera opción, mientras que por otro lado se tiene a la propuesta 02, siendo solamente un terreno moderadamente aceptable. Es por esto que la propuesta finalmente escogida es la propuesta 01, la cual se encuentra ubicada en las coordenadas UTM, este 629 844 y norte 9 235 097, dentro de la zona 17M, además se sabe que esta propuesta se encuentra alejada a 4.39 km de la plaza mayor de Ciudad Eten, a 3 km del centro de Villa el Milagro y a 4.7 km del centro de Puerto Eten.

Estudio hidrológico

Fue necesario llevar a cabo un reconocimiento de la cuenca que atraviesa el área, en particular la cuenca intercuenca 137759, que abarca la zona del proyecto. Se calcularon los parámetros morfométricos de la cuenca y subcuenca seleccionada utilizando el software ArcMap 10.8, obteniendo los siguientes datos.

Tabla 15. *Parámetros morfométricos de la cuenca.*

Descripción	UND	Valor
De la superficie		
Área	km ²	3767.16
Perímetro de la cuenca	km	297.22
Cotas		
Cota máxima	msnm	3871.16
Cota mínima	msnm	25.00
Centroide (PSC:WGS 1984 UTM Zone 17S)		
X Centroide	m	680774.06
Y Centroide	m	9226910.56
Z Centroide	msnm	1468.13
Altitud		
Altitud media	msnm	1468.13
Altitud más frecuente	msnm	25.00
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	1028.67
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	17.73
De la Red Hídrica		
Longitud del curso principal	km	130.90
Orden de la red hídrica	UND	4.00
Longitud de la red hídrica	km	394.80
Pendiente Promedio de la red hídrica	%	1.56
Parámetros Generados		
Tiempo de concentración	horas	11.00
Pendiente del cauce principal	m/km	29.38

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 16. *Parámetros morfométricos de la subcuenca.*

Descripción	UND	Valor
Área	km ²	376.75
Perímetro de la cuenca	km	137.97
Longitud del río principal	km	46.83
Pendiente (%)	%	2.76
Cota máxima	msnm	37.00
Cota mínima	msnm	0.00
Pendiente del río principal	%	0.08

Fuente. Elaboración propia.

Asimismo, para calcular el caudal máximo se utilizaron los datos de las precipitaciones anuales máximas registradas en la zona. En este caso, se tomó en cuenta la estación meteorológica más cercana, que es la estación de Reque. Después de analizar los datos de las precipitaciones máximas y realizar un análisis de datos dudosos para descartar valores atípicos, se puede apreciar que la precipitación máxima dada hasta el año 2015, es de 60.4 mm, este dato será importante más adelante para el diseño de los sistemas de drenaje, luego se procedió al análisis estadístico utilizando 8 modelos de distribución. Después de evaluar los resultados, se seleccionó el modelo de distribución log normal de 3 parámetros, ya que fue el que mejor se ajustó a nuestros datos.

Tabla 17. Precipitaciones máximas anuales.

AÑO	PRECIP. MÁX.	AÑO	PRECIP. MÁX.
1964	2	1990	1.6
1965	5	1991	2.4
1966	1	1992	0
1967	5.5	1993	5.3
1968	1.5	1994	8.4
1969	4.5	1995	1.5
1970	4	1996	2
1971	24	1997	17.5
1972	10.5	1998	60.4
1973	2.2	1999	10.2
1974	5.4	2000	9.2
1975	4	2001	6
1976	2.4	2002	7.3
1977	2.4	2003	3
1978	4.7	2004	7
1979	0.5	2005	2.5
1980	0	2006	4.3
1981	7.1	2007	7.5
1982	3.7	2008	11
1983	56	2009	4.4
1984	4	2010	10.6
1985	0	2011	8.2
1986	7	2012	15.4
1987	4	2013	9.7
1988	2.3	2014	7.6
1989	2.4	2015	13.5

Fuente. SENAMHI.

Tabla 18. Modelos de distribución

Modelos de Distribución	Delta Teórico Δ	Delta Tabular Δ_0	Conclusión
Distribución Normal	0.2752	0.2150	El ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución
Distribución Log Normal 2 parámetros	0.0806	0.2150	El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado
Distribución Log Normal 3 parámetros	0.0779	0.2150	El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado
Distribución Gamma 2 parámetros	0.1409	0.2150	El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado
Distribución Gamma 3 parámetros	0.19719	0.2150	El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado
Distribución Log Pearson tipo III	0.08363	0.2150	El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado
Distribución Gumbel	0.2211	0.2150	El ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución
Distribución Long Gumbel	0.1182	0.2150	El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado

Fuente. Elaboración Propia

Después de determinar el modelo de distribución apropiado, se procedió a calcular las precipitaciones máximas para ciertos períodos de retorno. En nuestro caso, se realizó el cálculo considerando una vida útil de 20 años para la infraestructura. De acuerdo con estos cálculos, se proyectó una precipitación máxima de 30.77 mm para ese período, lo cual indica que la zona no presentará riesgo de inundaciones.

Tabla 19. Precipitaciones máximas para ciertos periodos de retorno.

T(años)	Periodo	Precipitaciones para el modelo de distribución log normal 3 parámetros (mm)
2	0.500	6.57
5	0.200	14.49
10	0.100	21.89
20	0.050	30.77
30	0.033	36.74
50	0.020	45.13
80	0.013	53.80
100	0.010	58.24
150	0.007	66.92
200	0.005	73.55
500	0.002	97.59
1000	0.001	118.99

Fuente. Elaboración propia.

Para concluir, se llevó a cabo el cálculo del caudal máximo que será utilizado en el diseño del sistema de drenaje pluvial. En este caso, se empleó el método racional modificado debido al área de la cuenca, la cual abarca 376.55 km². Como resultado de este cálculo, se obtuvo un caudal de 1.17 m³/s.

Estudio topográfico

Al realizar este estudio se hizo uso de 2 receptores GNSS L1/L2, RTK, marca STONEX, modelo S900A, con el cual se delimito el área, tratando de trazar un rectángulo uniforme, se tomó los datos de 4 vértices, en este caso se hizo el levantamiento de área de 11.89ha, pues la guía nos pide que para el tipo de relleno que implementaremos (celda transitoria y rellenos sanitario semimecanizado) un área mínima de 10 ha, del total de esta superficie analizada solo será ocupada el área que se necesite según lo que se diseñó. Con este estudio se determinó que no existe mucha pendiente en el terreno y que es una superficie llana, lo cual coincide con la región en donde nos encontramos, siendo la región costa.

Tabla 20. Ubicación de BM.

Item	Coordenadas UTM Datum		Altitud (msnm)	Zona
	Este	Norte		
BM-02	629186.65 m	9235292.55 m	11.516	17 M

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 21. Coordenadas perimétricas.

COORDENADAS UTM - DATUM: WGS 84					
Vértice	Lado	Distancia	Ángulo	Este	Norte
P1	P1-P2	290.16	93°45'36"	629944.760 m	9235242.601 m
P2	P2-P3	395.54	89°44'26"	630159.622 m	9235047.597 m
P3	P3-P4	314.54	89°34'16"	629892.472 m	9234755.907 m
P4	P4-P1	392.61	86°55'42"	629662.407 m	9234969.805 m

Fuente. Elaboración propia.

Estudio de mecánica de suelos

Se ejecutaron 16 excavaciones a cielo abierto, con el propósito de tener las particularidades y atributos del suelo y subsuelo para los fines pertinentes. Estas excavaciones tienen como profundidad de 1.50 m a 3.00 m dependiendo de la zona y de los estudios que se requieren realizar. Para la vía de acceso se realizaron 3 calicatas, en la zona de áreas administrativas se realizaron 2 calicatas, en el área donde se encontrarán el almacén, baños y vestuario se realizaron 2 calicatas, en el área de reciclaje se realizaron 3 calicatas, en el área de compostaje se realizaron 3 calicatas y finalmente en la zona donde se encontrarán las trincheras del relleno sanitario se realizaron 3 calicatas.

Tabla 22. Coordenadas de los puntos de exploración

Puntos de Exploración	Coordenadas UTM - DATUM: WGS 84		Profundidad
	Este	Norte	
C1	629773.00 m	9234989.00 m	1.80 m
C2	629897.00 m	9235070.00 m	1.50 m
C3	629782.00 m	9234925.00 m	1.50 m
C4	629718.00 m	9234979.00 m	3.50 m
C5	629736.00 m	9234967.00 m	3.50 m
C6	629753.00 m	9234956.00 m	2.90 m
C7	629769.00 m	9234943.00 m	3.00 m
C8	629790.00 m	9235025.00 m	2.90 m
C9	629819.00 m	9235025.00 m	2.70 m
C10	629823.00 m	9235047.00 m	2.60 m
C11	629839.00 m	9235081.00 m	2.60 m
C12	629855.00 m	9235096.00 m	2.20 m
C13	629872.00 m	9235109.00 m	2.60 m
C14	629895.00 m	9235148.00 m	2.80 m
C15	629969.00 m	9235101.00 m	2.70 m
C16	629937.00 m	9235183.00 m	2.60 m

Fuente. Elaboración propia.

Luego de haber realizado los ensayos de laboratorio a las calicatas se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 23).

2
Tabla 23. Resultados de ensayos de laboratorio.

Zona	N° Calicata	N° Muestra	Profundidad (m)	Clasificación		Contenido de humedad	Límites			CBR (95%)	Presencia de nivel freático
				AASHTO	SUCS		Límite Líquido (%)	Límite Plásticos (%)	Índice de plasticidad (%)		
Vías de acceso	1	M-01	0.00 - 0.50	A-4 (3)	SC	6.20%	24.90	14.90	10.00	-	NO
		M-02	0.50 - 1.80	A-6 (9)	CL	11.10%	31.70	18.30	13.40		
Vías de acceso	2	M-01	0.00 - 0.50	A-4 (3)	SC	5.40%	25.09	15.42	9.67	5.00%	NO
		M-02	0.50 - 1.00	A-4 (4)	CL	5.80%	24.00	16.70	7.30		
		M-03	1.00 - 1.50	A-6 (8)	CL	11.10%	28.00	16.30	11.70		
Vías de acceso	3	M-01	0.00 - 0.30	A-2-4 (0)	SC-CM	2.90%	21.92	15.95	5.97	-	NO
		M-02	0.30 - 0.80	A-2-4 (0)	SC	5.60%	25.70	17.00	8.80		
		M-03	0.80 - 1.50	A-2-4 (0)	SM	5.70%	NP	NP	NP		
Área administrativa	4	M-01	0.00 - 0.80	A-4 (2)	SC	5.90%	26.12	17.49	8.63	-	NO
		M-02	0.80 - 3.50	A-4 (9)	CL	10.50%	29.30	11.80	17.50		
Área administrativa	5	M-01	0.00 - 0.80	A-6 (3)	SC	6.70%	29.47	14.71	14.76	-	NO
		M-02	0.80 - 3.50	A-2-6 (1)	SC	5.30%	24.10	12.50	11.60		
Baños, vestuario y almacén	6	M-01	0.00 - 1.50	A-6 (6)	CL	5.90%	32.21	14.63	17.58	-	NO
		M-02	1.50 - 2.90	A-6 (9)	CL	6.80%	32.20	14.30	17.90		
Baños, vestuario y almacén	7	M-01	0.00 - 1.40	A-6 (7)	CL	6.60%	34.32	19.51	14.81	-	NO
		M-02	1.40 - 3.00	A-6 (9)	CL	6.80%	34.60	19.30	15.20		
Área de reciclaje	8	M-01	0.00 - 1.40	A-6 (8)	CL	6.40%	35.83	20.00	15.83	-	NO
		M-02	1.40 - 2.90	A-6 (8)	CL	7.20%	32.90	21.20	11.70		
Área de reciclaje	9	M-01	0.00 - 0.90	A-6 (5)	SC	5.70%	34.68	16.88	17.79	4.00%	NO
		M-02	0.90 - 2.70	A-6 (13)	CL	8.10%	35.60	11.10	24.50		
Área de reciclaje	10	M-01	0.00 - 0.90	A-4 (3)	SC	7.10%	29.33	23.30	6.03	-	NO
		M-02	0.90 - 2.60	A-6 (9)	CL	6.80%	36.40	17.60	18.80		
Área de compostaje	11	M-01	0.00 - 0.90	A-4 (2)	SC	6.60%	26.85	16.13	10.72	-	NO
		M-02	0.90 - 2.60	A-6 (8)	CL	8.90%	30.80	14.80	16.10		
Área de compostaje	12	M-01	0.00 - 0.90	A-2-6 (1)	SC	6.90%	33.39	16.05	17.34	4.00%	NO
		M-02	0.90 - 2.20	A-6 (2)	SC	7.30%	36.30	18.90	17.40		
Área de compostaje	13	M-01	0.00 - 1.00	A-6 (4)	SC	5.70%	29.30	10.53	18.77	-	NO
		M-02	1.00 - 2.60	A-6 (7)	CL	7.90%	34.70	20.00	14.70		
Relleno Sanitario	14	M-01	0.00 - 1.20	A-4 (4)	CL-ML	6.20%	26.52	21.70	4.82	-	NO
		M-02	1.20 - 2.80	A-6 (4)	SC	9.40%	32.80	18.20	14.60		
Relleno Sanitario	15	M-01	0.00 - 1.10	A-2-6 (2)	SC	6.10%	29.30	10.53	18.77	-	NO
		M-02	1.10 - 2.70	A-6 (9)	CL	8.40%	25.40	14.40	11.00		
Relleno Sanitario	16	M-01	0.00 - 1.00	A-6 (3)	SC	7.40%	34.10	18.72	15.39	-	NO
		M-02	1.00 - 2.60	A-6 (8)	CL	7.90%	32.80	14.10	18.70		

Fuente. Elaboración propia.

Asimismo, se presentarán los resultados de los ensayos de sales solubles, cloruros y sulfatos realizados a las muestras que se encuentran en zonas donde existirán estructuras de concreto armado, siendo más específicos, donde se construirán zapatas aisladas como tipo de cimentación.

3
Tabla 24. Resultados de ensayos químicos.

Zona	Sustancia	Contenido (ppm)	Contenido (%)	Observación
Área Administrativa	Contenido de Sales Solubles	1254	0.13	No Perjudicial
	Contenido de Cloruros	710	0.07	No Perjudicial
	Contenido de Sulfatos	520	0.05	Insignificante
Almacén, baños y vestuario	Contenido de Sales Solubles	1165	0.12	No Perjudicial
	Contenido de Cloruros	680	0.07	No Perjudicial
	Contenido de Sulfatos	520	0.05	Insignificante
Área de reciclaje y compostaje	Contenido de Sales Solubles	1265	0.13	No Perjudicial
	Contenido de Cloruros	750	0.08	No Perjudicial
	Contenido de Sulfatos	490	0.05	Insignificante

Fuente. Elaboración propia.

3
 Para poder diseñar las cimentaciones de las estructuras de concreto armado y nave industriales de acero, es necesario conocer la capacidad portante del suelo dentro del área donde se edificarán estas estructuras, es por eso que fue necesario realizar ensayos para el cálculo de este dato, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 25. Capacidad portante.

Zona	N° Calicata	Corte Directo		Capacidad Portante (kg/cm ²)
		Cohesión del suelo (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (°)	
Área administrativa	4	0.244	18.3	1.11
Área administrativa	5	0.351	16.6	1.33
Baños, vestuario y almacén	6	0.289	16.6	1.14
Baños, vestuario y almacén	7	0.275	14.2	1.17
Área de reciclaje	9	0.279	16	1.07
Área compostaje	12	0.253	17.7	1.09

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, se llevó a cabo el ¹ ensayo de permeabilidad de suelos cohesivos (ASTM D5084-90) con el objetivo de ² determinar si la zona cuenta con material adecuado para servir como capa impermeable ² en el relleno sanitario y las pozas de lixiviados. Se realizaron tres métodos en este ensayo, ⁴² cuyos resultados se muestran en la Tabla 26. Estos resultados se encuentran por debajo del valor máximo ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s) establecido por el MINAM. Por lo tanto, el material presente en la zona del proyecto puede ser utilizado como capa impermeable, lo cual evita la necesidad de extraer material de una fuente externa, lo cual generaría costos adicionales al proyecto.

Tabla 26. Resultados de ensayo de permeabilidad de suelos cohesivos.

N° DE CALICATA	C-15
PROFUNDIDAD (m)	1.00- 2.60m
Tipo de Suelo	CL
Peso del espécimen húmedo (g)	978.10
Peso del espécimen seco (g)	853.40
Longitud del espécimen (cm)	14.67
Diámetro del espécimen (cm)	7.31
Contenido de humedad	23.80
Gravedad específica de sólidos	2.569
Volumen total de espécimen (cm ³)	615.970
Densidad seca inicial (g/cm ³)	1.590
Porosidad	0.425
Volumen de poros (cm ³)	91.500
Coefficiente de permeabilidad corregido (Metodo A y E)	1.09E-09
Coefficiente de permeabilidad corregido (Metodo B y C)	7.68E-08
Coefficiente de permeabilidad corregido (Metodo D)	3.33E-07
Masa de muestra final (g)	825
Volumen de muestra final (cm ³)	512
Densidad seca final (g/cm ³)	2.50

² Fuente. Estudio de mecánica de suelos (Calicata 15).

Estudio de canteras

El revestimiento de las vías de acceso no será asfaltado, sino que se mantendrá a nivel de afirmado. De acuerdo con [18], existen requisitos que este material debe cumplir para ser utilizado como afirmado. Estos requisitos se detallan en la Tabla 27.

Tabla 27. Requerimientos mínimos.

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm (2")				
37.5 mm (1½")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (¾")				
12.5 mm (½")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (Nº 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (Nº 8)				
2.0 mm (Nº 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (Nº 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (Nº 200)	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%

Fuente. [18].

Se seleccionó la cantera Tres Tomas como fuente de extracción de este material, a pesar de encontrarse a una distancia aproximada de 60 kilómetros de la zona del proyecto. Aunque esta distancia es considerable, se tomó la decisión de optar por esta cantera debido a la calidad del material que ofrecen, esto se verá reflejado en los resultados obtenidos, estos resultados fueron finalmente comparados con los requerimientos del manual (Tabla 28).

Tabla 28. Resultados.

Ensayo	Limites según el manual	Resultado del ensayo
Clasificación SUCS		GC - Grava arcillosa con Arena
Clasificación AASHTO		A-2-4 (0)
Contenido de humedad		6.20%
Límite líquido	Max 35%	24.93%
Límite plástico		16.07%
Índice de plasticidad	4-9 %	8.86%
Desgaste los ángeles	Máx 50%	32.40%
Proctor modificado		2.134 g/cm ³
CBR	Mín 40 %	51.20%

Fuente. Elaboración propia.

Diseño de la infraestructura

El diseño del proyecto se ha planificado considerando una vida útil de 20 años, por lo tanto, el estudio de caracterización también se proyectó para ese mismo período, como se indica en la Tabla 29. Estos datos fueron calculados utilizando la información obtenida en el estudio de caracterización realizado en el año 2020. Además, se utilizó una tasa de crecimiento del 1% para proyectar la generación per cápita de residuos sólidos en el distrito.

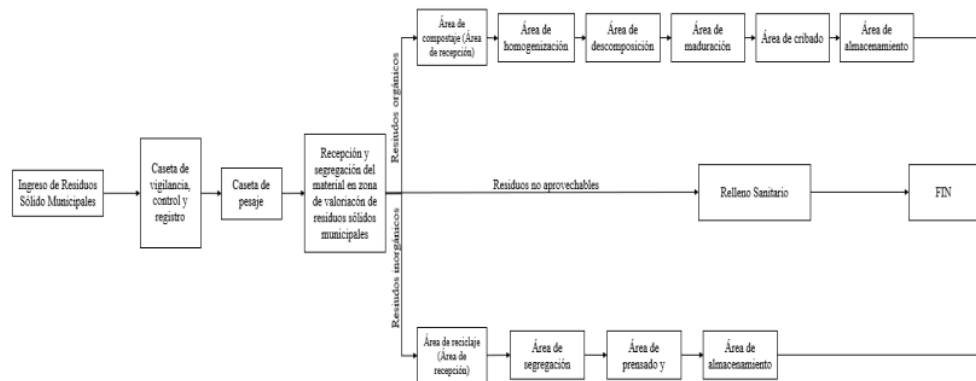
Tabla 29. Generación de residuos.

Año	Población (habitantes)	GPC (kg/hab/día)	Generación de residuos sólidos municipales (tn/día)	Generación de residuos sólidos municipales (tn/año)
2020	12438	0.84	10.50	3833.27
2021	12586	0.85	10.73	3917.39
2022	12735	0.86	10.97	4002.41
2023	12883	0.87	11.20	4088.34
2024	13031	0.88	11.44	4175.18
2025	13180	0.89	11.68	4262.91
2026	13328	0.89	11.92	4351.56
2027	13476	0.90	12.17	4441.11
2028	13625	0.91	12.42	4531.56
2029	13773	0.92	12.67	4622.92
2030	13921	0.93	12.92	4715.19
2031	14070	0.94	13.17	4808.36
2032	14218	0.94	13.43	4902.43
2033	14366	0.95	13.69	4997.41
2034	14515	0.96	13.95	5093.30
2035	14663	0.97	14.22	5190.09
2036	14811	0.98	14.49	5287.79
2037	14960	0.99	14.76	5386.39
2038	15108	0.99	15.03	5485.90
2039	15256	1.00	15.30	5586.31
2040	15404	1.01	15.58	5687.62
2041	15553	1.02	15.86	5789.85

Fuente. Elaboración propia.

Se realizó también un diagrama de flujo, como se puede observar en la Figura 13, de la infraestructura, con el propósito de saber cuál será el orden de las actividades a realizar y el proceso por el cual pasarán los residuos sólidos del distrito.

Ilustración 13. Diagrama de flujo de la infraestructura.



Fuente. Elaboración propia.

Se dio inicio al diseño del área de reciclaje, que es el lugar donde se recibirán los residuos inorgánicos aprovechables. Para llevar a cabo este diseño, se requirió conocer la generación per cápita de este tipo de residuos. Gracias al estudio de caracterización, se determinó que este valor es de 0.14 kg/hab/día. Luego, se proyectó esta cantidad para un período de 20 años (Tabla 30), con el objetivo de calcular la superficie total por zona dentro del área de reciclaje (Tabla 31).

Tabla 30. Generación de residuos sólidos aprovechables inorgánicos.

Año	Población (habitantes)	GPC (kg/hab/día)	Generación de residuos sólidos inorgánicos (tn/día)	Generación de residuos sólidos inorgánicos (tn/año)
2020	12438	0.14	1.73	630.19
2021	12586	0.14	1.76	644.02
2022	12735	0.14	1.80	658.00
2023	12883	0.14	1.84	672.12
2024	13031	0.14	1.88	686.40
2025	13180	0.15	1.92	700.82
2026	13328	0.15	1.96	715.40
2027	13476	0.15	2.00	730.12
2028	13625	0.15	2.04	744.99
2029	13773	0.15	2.08	760.01
2030	13921	0.15	2.12	775.18
2031	14070	0.15	2.17	790.49
2032	14218	0.16	2.21	805.96
2033	14366	0.16	2.25	821.57
2034	14515	0.16	2.29	837.34
2035	14663	0.16	2.34	853.25
2036	14811	0.16	2.38	869.31
2037	14960	0.16	2.43	885.52
2038	15108	0.16	2.47	901.88
2039	15256	0.16	2.52	918.39
2040	15404	0.17	2.56	935.05
2041	15553	0.17	2.61	951.85

2 Fuente. Elaboración propia.

Tabla 31. Áreas de zonas del área de reciclaje.

Área total para la planta de reciclaje	
Área de recepción=	32.00 m2
Área de segregación=	50.00 m2
Área de prensado y embalaje=	40.00 m2
Área de almacenamiento=	80.00 m2
Área Total=	202.00 m2

Fuente. Elaboración propia.

29 Se procedió a dimensionar el área destinada al compostaje, considerando en primer lugar la generación per cápita de residuos orgánicos aprovechables, que se estima en 0.52 kg/hab/día. Se proyectaron los valores de generación de residuos sólidos para un período de 20 años y se obtuvieron los datos que se muestran en la Tabla 32. Con base en estos resultados, se calcularon las áreas correspondientes a las diferentes zonas dentro del área de compostaje. (Tabla 33).

102

Tabla 32. Generación de residuos sólidos aprovechables inorgánicos.

Año	Población (habitantes)	GPC (kg/hab/día)	Generación de residuos sólidos orgánicos (tn/día)	Generación de residuos sólidos orgánicos (tn/año)
2020	12438	0.52	6.53	2381.99
2021	12586	0.53	6.67	2434.27
2022	12735	0.54	6.81	2487.10
2023	12883	0.54	6.96	2540.50
2024	13031	0.55	7.11	2594.45
2025	13180	0.55	7.26	2648.98
2026	13328	0.56	7.41	2704.06
2027	13476	0.56	7.56	2759.70
2028	13625	0.57	7.71	2815.91
2029	13773	0.57	7.87	2872.68
2030	13921	0.58	8.03	2930.02
2031	14070	0.58	8.19	2987.91
2032	14218	0.59	8.35	3046.37
2033	14366	0.59	8.51	3105.39
2034	14515	0.60	8.67	3164.98
2035	14663	0.60	8.84	3225.12
2036	14811	0.61	9.00	3285.83
2037	14960	0.61	9.17	3347.10
2038	15108	0.62	9.34	3408.94
2039	15256	0.62	9.51	3471.33
2040	15404	0.63	9.68	3534.29
2041	15553	0.63	9.86	3597.81

2 Fuente. Elaboración propia.

Tabla 33. Áreas de zonas del área de compostaje.

Área total de la zona de compostaje			
A_{cr} =	Área de la cámara de recepción	20.00	m2
A =	Área homogenización (trituration de material seco)	20.00	m2
A_d =	Área de pilas para la degradación	1008.00	m2
A_m =	Área de pilas para la maduración	480.00	m2
$A_{cribado}$ =	Área de cribado	200.00	m2
A_{alm} =	Área de almacenamiento	1120.00	m2
A_{TPC} =	Área total de la zona de compostaje	2848.00	m2

Fuente. Elaboración Propia.

1 Con respecto a la producción de lixiviados del área de compostaje se hizo uso del método suizo para poder calcular el caudal, el resultado fue de 0.00136 l/seg y por consiguiente el volumen resulto ser finalmente de 117.82 litros diarios. Esta descarga será enviada a un tanque biodigestor de 3000 litros.

$$Q = (1/t)PxAxK$$

Q= Caudal medio de lixiviado

P= Precipitación media anual (mm/año)

A= Área superficial del relleno (m²)

t= Número de segundos en un año (31 536 000) seg/año)

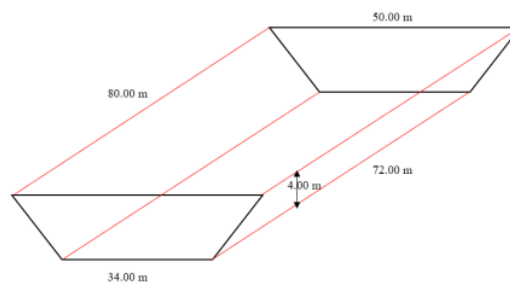
K= Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura.

P=	60.40	mm/año
A=	2848.00	m ²
t=	31536000.00	seg/año
K=	0.25	
Q=	0.00136	l/seg
Q=	3.65246	m ³ /mes

Para calcular el volumen del relleno sanitario, que posteriormente se dividió en trincheras, se utilizó una densidad de 0.6 toneladas por metro cúbico, ya que es el valor mínimo que deben alcanzar los residuos sólidos cuando están dispersos y compactados en el relleno sanitario. Además, se destinó un 25% del volumen total de residuos sólidos para el material de cobertura, que se dispersa y compacta diariamente. Con estos datos, se obtuvo un volumen total de 48,599.91 metros cúbicos para los 20 años de vida útil del proyecto.

Con el volumen útil mínimo establecido, se procedió a dimensionar las trincheras. Se decidió construir 4 trincheras, cada una con una vida útil de 5 años. Las dimensiones de las 4 trincheras finales se presentan en la Figura 14.

Ilustración 14. Dimensiones de las trincheras.



Fuente. Elaboración propia.

Con trincheras con estas dimensiones se tiene un volumen final de 51078.49 m³ lo cual es suficiente para el volumen útil mínimo antes calculado.

Con respecto al control de lixiviados, se hizo el cálculo de generación de lixiviados diario con ayuda del método suizo, teniéndose en cuenta que la precipitación media anual máxima obtenida del registro observado en el estudio hidrológico es de 60.40 mm/año, el área superficial de las trincheras que pueden a llegar a producir los lixiviados es de 16000 m² y el coeficiente K es 0.25 puesto que la compactación del relleno cuanta con una densidad de 0.6 tn/m³ y es considerada una compactación débil.

$$Q = (1/t)PxAxK$$

Q= Caudal medio de lixiviado

P= Precipitación media anual (mm/año)

A= Área superficial del relleno (m²)

t= Número de segundos en un año (31 536 000) seg/año

K= Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura.

P=	60.40	mm/año
A=	16000.00	m ²
t=	31536000.00	seg/año
K=	0.25	
Q=	0.00766	l/seg

Por tanto, el volumen diario de lixiviados producido por estas trincheras será finalmente de 661.92 litros, por lo que no será necesario usar pozas, ya que en su lugar se puede usar tanques biodigestores en este caso de 3000 litros, cabe mencionar que es el mismo tanque en donde llegarán los lixiviados generados en el área de compostaje ya que sumando ambas cantidades, no exceden la capacidad del tanque biodigestor.

Con relación al sistema de drenaje pluvial, se implementará un canal perimetral con el propósito de dirigir el agua de lluvia proveniente de la intercuenca 137759, evitando así que atraviese la infraestructura y reduciendo la generación de lixiviados. A partir del estudio hidrológico, se determinó que el caudal que llega a la zona es de 1.1685 m³/s. Utilizando el software hcanales 3.1, se obtuvieron los datos necesarios para diseñar el sistema de drenaje pluvial perimetral, el cual se configurará con una sección rectangular. (Tabla 34 y Tabla 35).

Tabla 34. Datos para el cálculo de las propiedades de la sección.

Datos	
Caudal (Q_p) =	1.1685 m ³ /s
Ancho de solera (b) =	1.2 m
Talud (z) =	0
Rugosidad (n) =	0.014
Pendiente (S) =	0.001 m/m

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 35. Resultados de características para sistema de drenaje pluvial perimetral.

Resultados	
Tirante normal (y) =	0.8619 m
Área hidráulica (A) =	1.0343 m ²
Perímetro =	2.9238 m
Radio hidráulico =	0.3537 m
Espejo de agua =	1.2 m
Velocidad =	1.1298 m/s
Número de Freud =	0.3885
Energía específica =	0.9269 m-kg/kg
Tipo de flujo =	Subcrítico

Fuente. Elaboración propia mediante Hcanales 3.1.

Para el tema de las vías de acceso se hizo uso del software de ingeniería Civil 3D, se decidió diseñar una vía de 2 carriles con 3.50 m de ancho; con respecto a la carpeta de rodadura se consideró a nivel de afirmado, es decir sin carpeta asfáltica. Gracias al estudio de mecánica de suelos, específicamente al ensayo de CBR, se pudo observar que la subrasante contaba con un valor de 5% (subrasante insuficiente), por lo que se hizo el mejoramiento de la subrasante, colocando por encima de este material con 5% de CBR un material con un CBR mayor, para que, al ser promediadas, resulte tener un valor por encima de 6%, finalmente se calculó que por encima de la capa de subrasante de 5% se tiene que tener una capa de 40 cm de espesor con un CBR mayor o igual 40 % para poder tener un CBR ponderado mayor o igual a 7.11% lo que lo convertiría ya en una subrasante regular. Una vez que se obtuvo una subrasante apropiada, se calculó el espesor de la capa de afirmado con la ecuación del método NAASRA, dando como resultado una capa 25 cm de espesor. El resumen de las características de la sección de las vías de acceso se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Vías de acceso.

Diseño de las vías de acceso		
Ancho de carril	3.5	m
Berma	0.5	m
Peralte	2	%
Bombeo	2	%
Carpeta de rodadura	0.25	m

Fuente. Elaboración propia.

Como sistema de drenaje pluvial, se colocarán cunetas laterales ⁵² de sección rectangular de 0.5 m de ancho y 0.25 m de alto con pendiente longitudinal de 0.5%.

Las obras complementarias para el presente proyecto serán las obras de concreto armado, tal es el caso de la caseta de guardianía que a su vez será el área de control y pesaje, asimismo se contará con oficinas administrativas, con un área de vestidores y servicios higiénicos y por último un almacén para guardar las herramientas que se necesiten usar en los procedimientos manuales o para limpieza de las zonas que lo requieran. También se consideró construir naves industriales que protejan tanto la zona de reciclaje como la zona de compostaje. A continuación, se mostrará la Tabla 37 donde se tienen las áreas de las estructuras de concreto armado como de las estructuras metálicas (naves industriales). Los detalles finales de estas estructuras se mostrarán en los planos y el cálculo para diseño en las hojas de cálculo que se desarrollaron en Excel.

Tabla 37. Estructuras complementarias.

Estructuras	Área
Pesaje, control y guardianía	47.24 m ²
Oficinas administrativas	152.48 m ²
Vestuarios y SS. HH.	48.23 m ²
Almacén de herramientas	45.65 m ²
Zona de reciclaje (estructura metálica)	660.00 m ²
Zona de compostaje (estructura metálica)	3612.00 m ²

Fuente. Elaboración propia.

Los detalles del diseño de las instalaciones de agua y saneamiento se encuentran especificados en los planos del proyecto. Se sabe que, actualmente, la zona se encuentra alejada de la población, sin embargo, la expansión urbana va en aumento a medida que el tiempo pasa, ejemplo de esto es que antes de llegar a la zona del proyecto ya existen zonas lotizadas, por tanto, se buscará hacer los trámites pertinentes para que la empresa EPSEL pueda abastecer a la infraestructura con agua potable. En cuanto a las aguas residuales, estas serán recolectadas y dirigidas hacia un biodigestor con una capacidad de 1300 litros. Habiendo hecho el cálculo de

la dotación total de las zonas que necesitarán agua potable, se determinó que la infraestructura tendrá la necesidad de tener un tanque elevado 1.45 m³ y una cisterna de 3 m³.

Para el tema de la energía eléctrica se tendrá un área en donde se colocarán los equipos electrógenos de acuerdo a la potencia que se necesite para abastecer de energía eléctrica a las zonas que lo requieran. Además, por lo mencionado anteriormente, acerca del tema de expansión urbana, se deberán hacer también los trámites pertinentes para así poder contar con los servicios de ENSA.

Evaluación de impacto ambiental

Se utilizó la Matriz de Leopold, como se muestra en el Anexo 09, para identificar las actividades que generan un impacto negativo y los factores más afectados en cada etapa del proyecto: construcción, operación y cierre. Se observó que también existen impactos positivos. A continuación, se detallarán los resultados de la evaluación de impacto ambiental para cada etapa:

- En la etapa de construcción, la actividad que genera el mayor impacto negativo es la excavación para el relleno sanitario o celdas transitorias, con un valor promedio de -190. Por otro lado, la actividad con el mayor impacto positivo es la impermeabilización, con un valor promedio de 28. En cuanto a los factores, el suelo es el más afectado negativamente, con un valor promedio de -896, mientras que el empleo es el factor con el mayor impacto positivo, con un valor promedio de 204.
- En la etapa de operación, la actividad que genera el mayor impacto negativo es la cobertura diaria, con un valor promedio de -80. Por otro lado, la actividad con el mayor impacto positivo es el monitoreo de la calidad del aire, con un valor promedio de 25. En cuanto a los factores, la emisión de gases es el más afectado negativamente, con un valor promedio de -95, mientras que el empleo es el factor con el mayor impacto positivo, con un valor promedio de 38.
- En la etapa de cierre, la actividad que genera el mayor impacto negativo es la cobertura final, con un valor promedio de -80. Por otro lado, la actividad con el mayor impacto positivo es el monitoreo de la calidad del aire, con un valor promedio de 23. En cuanto a los factores, la morfología del suelo es el más afectado negativamente, con un valor promedio de -26, mientras que el empleo es el factor con el mayor impacto positivo, con un valor promedio de 18.

70 Con base en las actividades identificadas como generadoras de impacto negativo, se elaboró un plan de manejo ambiental para controlar y mitigar estos impactos, el cual se encuentra en el Anexo 09.

Por último, se cuenta con una estimación de costos para la implementación de este ² plan de manejo ambiental.

Tabla 38. Programa de inversiones.

ACTIVIDADES	COSTO
Programa de medidas preventivas, correctivas y mitigadoras	S/ 64,000.00
Subprograma de manejo de residuos sólidos, líquidos y efluentes	S/ 12,000.00
Subprograma de control de erosión y sedimentos	S/ 10,000.00
Subprograma de protección de recursos naturales	S/ 12,000.00
Subprograma de salud local	S/ 8,000.00
Subprograma de seguridad	S/ 12,000.00
Subprograma de manejo de calidad del aire y partículas en suspensión	S/ 10,000.00
Programa de monitoreo ambiental	S/ 150,000.00
Control y prevención de la emisión de polvo y material particulado	S/ 30,000.00
Monitoreo del ruido	S/ 30,000.00
Monitoreo de manejo de residuos sólidos	S/ 20,000.00
Monitoreo de agua pluviales	S/ 20,000.00
Monitoreo de lixiviados	S/ 20,000.00
Monitoreo de la emisión de gases	S/ 30,000.00
Programa de asuntos sociales	S/ 5,000.00
Sub programa de relaciones comunitarias	S/ 2,000.00
Sub programa de contratación de mano de obra local	S/ 2,000.00
Sub programa de participación ciudadana	S/ 1,000.00
Programa de educación ambiental	S/ 25,000.00
Programa de capacitación ambiental y seguridad	S/ 5,000.00
Programa de prevención de pérdidas y contingencias	S/ 5,500.00
Subprograma de seguridad y salud ocupacional	S/ 2,000.00
Subprograma de prevención y control de riesgos laborales	S/ 1,500.00
Subprograma de contingencias	S/ 2,000.00
Programa de cierre	S/ 40,000.00
PRESUPUESTO TOTAL	S/ 294,500.00

Fuente. Elaboración Propia.

Discusión

- Al analizar el estudio de caracterización llevado a cabo por la municipalidad del distrito, se pudo observar que la generación de residuos sólidos orgánicos es mayor en comparación con la generación de residuos sólidos inorgánicos. Esta disparidad resalta la importancia de prestar una mayor atención a los residuos sólidos orgánicos, lo cual se refleja en el presente proyecto a través de la asignación de áreas significativamente más grandes para la planta de compostaje en comparación con la planta de reciclaje, que es de menor tamaño. Estos hallazgos se pueden contrastar con [24], donde se observó un porcentaje inferior de residuos sólidos orgánicos en comparación con los residuos sólidos inorgánicos. Esto indica que la composición de los residuos sólidos municipales puede variar en diferentes distritos, lo que destaca la importancia de realizar estudios de caracterización específicos para cada zona. Estos estudios permiten diseñar de manera precisa las áreas necesarias para cada tipo de residuo.
- Habiendo hecho uso de [17] publicada por el MINAM, se pudo ver que si bien es cierto se centran básicamente en darle una correcta disposición final a los residuos sólidos, existe cierto porcentaje que es reaprovechable, pero la guía no tiene un apartado para el dimensionamiento de áreas, tales como compostaje y reciclaje, para el aprovechamiento de estos residuos sólidos, es decir para darle una segunda vida útil, y así tratar de tener una economía circular. Además, sabiéndose que el Perú es un país que tiene un gran porcentaje de la población que se dedica al sector agricultura, se debería poner en práctica esto junto con la disposición final, ya que haría más eficiente aún tener un relleno sanitario con plantas de valorización.
- A pesar de que [17] no se centra mucho en la implementación de plantas de valorización (área de reciclaje y compostaje), existen diversas investigaciones en donde si se termina implementando esto, lo cual es propósito para que el MINAM implemente el diseño de estas dentro de la guía que se tiene para solamente el relleno sanitaria y así tener información completa en una sola guía, como ejemplo de esto se puede observar en la tesis elaborada por [21], en donde se verifica que en la actualidad no solo se tiene en mente realizar una infraestructura para desechar los residuos, sino se busca darle una segunda vida útil, tratando de implementar así una economía circular, lo que sería beneficioso para el medio ambiente ya que actualmente se encuentra bastante deteriorado.

- Para la correcta elección de sitio, en la guía se menciona que el decreto legislativo N° 1278 promulgo criterios a tener en cuenta para que esta área sea adecuada para la proyección y construcción de toda esta infraestructura, esta selección se basa finalmente en puntuar estos criterios y obtener un puntaje ponderado. Esto se pudo observar también en diversas investigaciones, tal es el caso de [22], en donde evalúan dos áreas y terminan escogiendo la que cuenta con mayor puntaje ponderado.

Conclusiones

- Tras examinar detenidamente el estudio de caracterización llevado a cabo por la municipalidad del distrito, se pudo determinar que se realizó una investigación adecuada. A partir de los datos obtenidos, como la generación per cápita (0.84 kg/día), la producción de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios (8220.42 kg/día y 590.17 kg/día), entre otros, se procedió a calcular los porcentajes de residuos sólidos orgánicos reaprovechables, resultando en un valor del 62.14%, los residuos sólidos inorgánicos reaprovechables con un valor del 16.44%, y los residuos sólidos no aprovechables con un valor del 21.42%. Estos porcentajes serán fundamentales para el diseño de las plantas de valorización y del relleno sanitario.
- El estudio de selección de sitio fue realizado para dos ubicaciones, la primera perteneciente al distrito y la segunda no. Si bien es cierto, y como se observa en el anexo 03, ambas propuestas son aceptables, sin embargo, la propuesta que le pertenece a Ciudad Eten sacó más puntaje y entro al rango de “terreno aceptable de PRIMERA opción”.
- El estudio hidrológico, ayudó a determinar la precipitación máxima histórica de la zona, este valor fue de 60.4 mm, el cual más adelante fue usado para el cálculo de producción de lixiviados en la zona de compostaje y reciclaje, mediante el uso del método suizo. Asimismo, este estudio ayudó con el cálculo del caudal máximo que llega a la zona; la cuenca que llega a este punto de la zona, es la intercuenca 137759, de la cual se calcularon los parámetros morfométricos con ayuda del software ArcMap 1.8, finalmente se obtuvo un caudal de 1.17 m³/s, para el cual se diseñó un sistema de drenaje pluvial perimétrico, para así evitar que las aguas provenientes de precipitaciones pluviales entren a la zona.
- El levantamiento topográfico de la zona se realizó de acuerdo a lo que nos menciona [17], en donde recomiendan como mínimo 10 ha para un relleno semimecanizado, finalmente se obtuvo un área de 11.89 ha.
- El estudio de mecánica de suelos se encargó de analizar las propiedades del suelo y subsuelo, así como el perfil estratigráfico a través de excavaciones a cielo abierto. La cantidad de calicatas realizadas siguió las pautas establecidas por la norma técnica peruana E-050, limitándose únicamente a las áreas donde se ubicarán las estructuras. Para las vías de acceso, se siguieron las directrices establecidas por la normativa emitida por el MTC, mientras que las áreas sin estructuras se consideraron de manera adecuada

para obtener una comprensión precisa de las características del suelo. Además, se llevó a cabo el ensayo de permeabilidad para determinar el coeficiente de permeabilidad, que resultó en un valor de 7.68×10^{-8} . Este valor indica que el material es impermeable y adecuado tanto para ser utilizado como material de cobertura como para el diseño de los sistemas de lixiviados.

- Luego de haber obtenido los datos necesarios de todos los estudios realizados, se realizó el diseño de las estructuras del proyecto, tal es el caso del área de control, pesaje y guardianía, área de oficinas administrativas, almacén y vestuarios y servicios higiénicos, estas áreas serán de concreto armado; por otro lado, las áreas de reciclaje y compostaje serán cubiertas por naves industriales de acero y por último se dimensiono y diseño el relleno sanitario, el cual será dividido en cuatro trincheras de 5 años de vida útil cada uno, lo cual le daría una vida útil de 20 años al proyecto.
- Se realizó una evaluación de impacto ambiental que abarcó las tres etapas del proyecto: construcción, operación y cierre. En cada etapa, se identificó la actividad que generaba el mayor impacto negativo y el factor más perjudicado. En la etapa de construcción, la actividad que generaba el mayor impacto negativo era la excavación para el relleno sanitario, y el factor más afectado era la calidad del suelo. Durante la etapa de operación, la actividad que generaba el mayor impacto negativo era la cobertura diaria, y el factor más afectado era la calidad del aire. Finalmente, en la etapa de cierre, la actividad que generaba el mayor impacto negativo era la cobertura final, y el factor más afectado era la morfología del suelo.
- Finalmente se realizó el análisis de costos y presupuesto, en donde se puede apreciar que es necesario un presupuesto aproximado de S/5,403,413.84 soles.

Recomendaciones

- Se recomienda que la infraestructura cuenta con su propia maquinaria y medios de transporte para facilitar las actividades a realizar y a su vez para que no gaste en el alquiler de equipos, ya que la vida útil será de 20 años.
- Se recomienda que para la construcción de las estructuras de concreto armado, sobre todo de las bases (zapatas aisladas), se haga uso de concreto anti salitre, si bien es cierto no hay mucha exposición a sulfatos y cloruros, se debe tomar las precauciones debidas.
- Se recomienda tener un especialista en cada área para que se haga el correcto procedimiento en cada área.
- Se recomienda hacer seguimiento del relleno después de su vida útil, ya que se seguirá generando impactos ambientales negativos.
- Se recomienda dar charlas informativas a la población para que estén al tanto del proyecto.

Referencias

- [1] MINAM, “Perú produce 23 mil toneladas diarias de basura: la alarmante gestión de residuos sólidos,” RPP, 2018.
- [2] Redacción RPP, “Chiclayo, la ciudad donde el tratamiento de la basura fracasó por la corrupción,” 24/02/2019, 2019.
- [3] Ministerio del Ambiente, “Mapa nacional de ubicación de infraestructuras de disposición final, 2019,” agosto 15, 2019.
- [4] Municipalidad distrital de Ciudad Eten, “Gestión de residuos sólidos en el distrito de Ciudad Eten,” Chiclayo, 2020.
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, “Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2020,” INEI, 2017.
- [6] D.L. N° 1278, Decreto Legislativo N°1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, vol. 6. 2016.
- [7] Ministerio del Ambiente, “Ley N°28611.- Ley General del Ambiente,” oct. 13, 2005.
- [8] Ministerio del Ambiente, “Decreto Supremo N° 012-2009- Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2017.
- [9] NTP 900.058, “GESTIÓN DE RESIDUOS. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos,” 2019.
- [10] Ministerio de Vivienda, “E-020 Cargas,” 2018.
- [11] Ministerio de Vivienda, “E-030 Diseño Sismorresistente,” 2019.
- [12] Ministerio de Vivienda, “E-050 Suelos y Cimentaciones,” 2019.
- [13] Ministerio de Vivienda, “E-060 Concreto Armado,” 2009.
- [14] Ministerio de Vivienda, “E-090 Estructuras metálicas,” 2018.
- [15] Ministerio del Ambiente, “Guía / Manual: Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual,” abril 2011.
- [16] Ministerio del Ambiente de Perú - MINAM and Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, “Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024,” 2017.
- [17] MINAM, “Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales,” 2019.
- [18] Ministerio de Obras Públicas dirección de vialidad, Manual de carreteras: suelos geología, geotecnia y pavimentos- sección suelos y pavimentos, vol. 5, no. 1. 2014.
- [19] A. Granollers, “Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje,” Agencia de Residuos de Cataluña, 2016.

- [20] A. Vallejo y L. Díaz, “¹Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica, Cesar,” Universidad Católica de Colombia, Colombia, 2017.
- [21] J. Ricaldi, M. Huamán, y N. Callupe, “⁵Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021,” Universidad Continental, Huancayo, 2021.
- [22] E. Gómez, “²Diseño de una planta de recuperación y manejo de residuos sólidos urbanos para el distrito de Asillo,” Universidad Nacional Del Altiplano, 2017.
- [23] J. Lezama y L. Esquivel, “¹⁶Diseño de un relleno sanitario y planta segregadora de residuos sólidos urbanos para el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018,” ²Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, 2019.
- [24] G. Gamonal, “Diseño de la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos municipales para el distrito de Olmos - provincia de Lambayeque - departamento de Lambayeque, 2018,” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque, 2020.
- [25] ²MINAM, “³Guía para elaborar la caracterización de Residuos Sólidos,” junio 12, 2019.
- [26] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2019.

Anexos

19

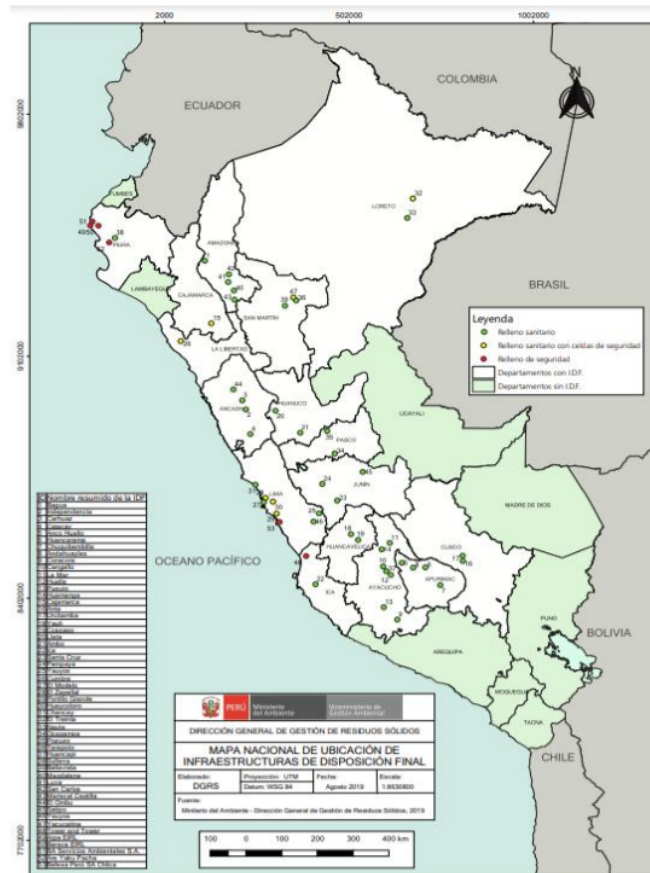
Anexo 1.1. GPC de residuos sólidos domiciliarios urbanos en la región Lambayeque

	2017	2018	2019
Perú	0.57	0.55	0.6

Fuente. SINIA.

27

Anexo 1.2. Mapa Nacional de Ubicación de Infraestructuras de disposición final, 2019.



Fuente SINIA.

Anexo 1.3. Cuadro resumen ¹ de la generación de residuos sólidos domiciliarios del distrito.

Población Urbana del Distrito (hab) A	GPC Domiciliaria (kg/hab/día) B	Generación Domiciliaria (kg/día) C=AxB	Generación No Domiciliaria (kg/día) D	Generación Municipal (kg/día) E=C+D	GPC Municipal (kg/día) F=E/A	Generación Total (tn/año) Ex365/1000
12438	0.78	8220.42	590.17	8810.59	0.84	3215.87

Fuente. Municipalidad Distrital de Ciudad Eten

Anexo 1.4. Superficies de terreno referenciales.

	CELDA TRANSITORIA Y RELLENO SANITARIO MANUAL (*)	CELDA TRANSITORIA Y RELLENO SANITARIO SEMI MECANIZADO (*)	CELDA TRANSITORIA, RELLENO SANITARIO MECANIZADO (*) Y RELLENO SECO.
	(60tdía)	(50 t/día)	(100 t/día) (800 t/día)
Superficie de terreno para vida útil de 3 años (celda transitoria)	0,25 ha	1,45 ha	3,00 has (15,00 ha)
Superficie de terreno para vida útil de 10 años (Relleno sanitario)	0,75 ha	3,30 ha	(10,00has) (25,00 ha)
Vías, campamento, áreas libres, infraestructura diversa	4,00 ha	5,25 ha	(10,00 has)(10,00 ha)
Superficie mínima recomendable:	5,00 ha	10,00 ha	(23,00 ha) (50,00 ha)

Fuente. [17].

Anexo 1.5. Declaración jurada de constancia de la no duplicidad.



DECLARACIÓN JURADA

Yo, **PÉREZ HERRERA WALTER**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 72159785, domiciliado en el distrito de José Leonardo Ortiz, Calle Próceres 495, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-I DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CIUDAD ETE, LAMBAYEQUE, 2021**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.

Chiclayo, 8 de Junio del 2021



(firma)



Huella
Dactilar

Anexo 1.6. Constancia de no duplicidad por parte de la municipalidad.



Anexo 1.7. Pertenencia del área seleccionada.



Chiclayo, 9 de setiembre de 2022

CARTA N° 177-2022-USAT-EICA

Señor(a)

Dr. Nilton E. Chafloque Córdova

Alcalde

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CIUDAD ETEN

Calle Pedro Ruiz N° 579, Ciudad Eten

Presente. -

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle mis saludos cordiales a nombre de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y desearle éxitos en su gestión al frente de su representada.

Asimismo, por este medio presentarle al estudiante **WALTER PEREZ HERRERA** identificada con **DNI N° 72159785** y **código universitario 161TD65138** de la **ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**, quien se encuentra desarrollando su tesis denominada: **DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CIUDAD ETEN, LAMBAYEQUE, 2021.**

Por este motivo, solicitamos a usted pueda otorgarle las facilidades, permisos y apoyo pertinentes en acceder a la información necesaria, para la continuidad de su trabajo de investigación; tomando en cuenta las medidas de seguridad y aislamiento social decretado por el gobierno, frente a la propagación del COVID 19.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me despido expresando mi especial consideración y estima.

Atentamente,


Dr. Ing. Maximiliano Arroyo Ulloa
Decano de la Facultad de Ingeniería
USAT



Municipalidad Distrital De Ciudad Eten
GERENCIA DE DESARROLLO TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURA

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

Ciudad Eten, 21 setiembre 2022

CARTA N° 021-2022- MDCE/ING- SJHR

SR. WALTER PEREZ HERRERA

ASUNTO: PERMISO PARA REALIZAR ESTUDIOS DE INGENIERIA

De mi consideración;

Reciba usted mi cordial saludo a nombre de la Gerencia de Desarrollo Territorial e Infraestructura de la Municipalidad Distrital de Ciudad Eten.

Por medio de la presente me dirijo a usted, en atención a su solicitud de PERMISO PARA REALIZAR ESTUDIOS DE INGENIERIA, consignada con el Exp. N° 2766-2022, informando lo siguiente:

Se declara PROCEDENTE su solicitud, otorgándole los permisos y facilidades correspondientes únicamente para realizar el trabajo de investigación indicado.

Sin mas que indicar, me despido cordialmente.

Atentamente,

ING SUZANNE JANIS HIDALGO RODRIGO
CIP N° 95341
GERENTE DE DESARROLLO TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURA

Calle Pedro Ruiz N° 579

Tel. 074-413202

Anexo 1.10. Visita al área otorgada por la municipalidad.



21
Anexo 1.11. Levantamiento topográfico.



Anexo 1.12. Levantamiento topográfico.



Anexo 1.13. Vista panorámica realizada con dron.



Anexo 1.14. Exploraciones a cielo abierto.

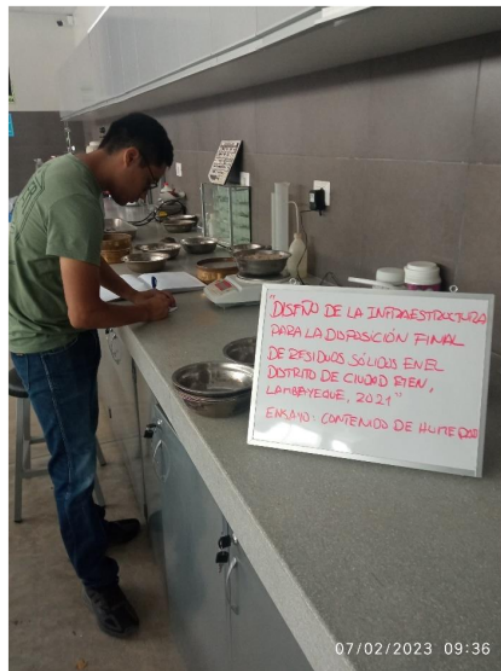


Anexo 1.15. Toma de muestra alterada para ensayos en laboratorio.

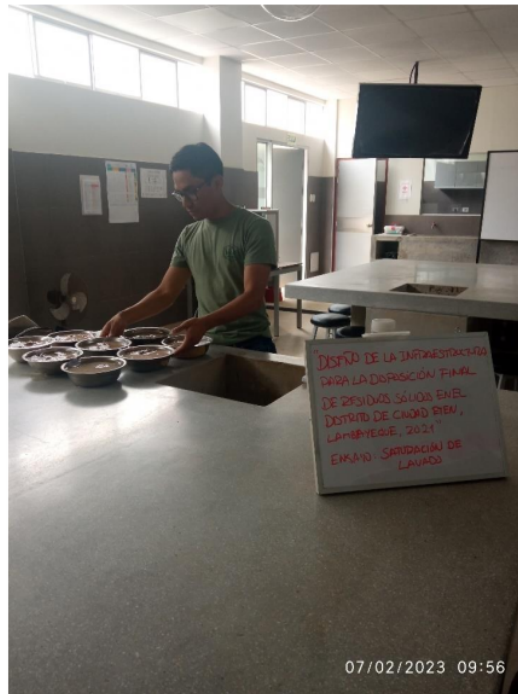




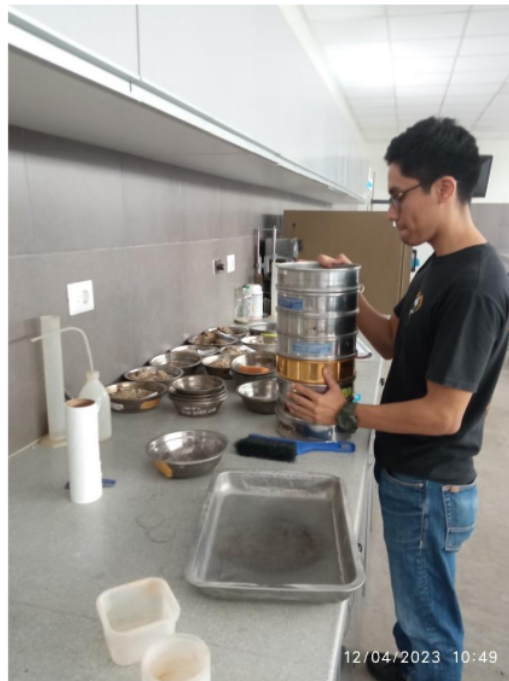
Anexo 1.17



Anexo 1.18.



Anexo 1.19.



Anexo 1.20.



Anexo 1.21.



INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

16%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD de la Infraestructura para la Disposición Final de Residuos Sólidos No Peligrosos del Ámbito de la Gestión No Municipal - Innova Ambiental Chilca-IGA0005400", R.D. N° 3479-2017/DCEA/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%

8

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES
S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario
Manual de la Ciudad de Pampas-IGA0000400",
R.D. N° 085-2013/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

9

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

10

CONSORCIO FICHTNER GMBH & CO. KG -
CONSULTORIA Y DIRECCION DE PROYECTOS -
CYDEP S.A.S.. "DIA del Proyecto Relleno
Sanitario para el Distrito de Pozuzo, Provincia
de Oxapampa, Departamento de Pasco-
IGA0000132", R.D. N° 484-
2014/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

11

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

Submitted to Universidad Católica Santo
Toribio de Mogrovejo

Trabajo del estudiante

<1 %

14

www.minam.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

15 IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para las Ciudades de Hualmay, Huaura, Santa María, Végueta, Caleta de Carquín y Huacho, Provincia de Huaura, Departamento de Lima-IGA0016378", R.A. N° 323-2018/MPH, 2022
Publicación <1 %

16 1library.co
Fuente de Internet <1 %

17 CONSORCIO SAN PEDRO. "Programa de Reconversión y Manejo de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos del Distrito de Pichanaqui, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín-IGA0018156", R.A. N° 117-2021/MPCH, 2022
Publicación <1 %

18 repositorio.unfv.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

19 es.slideshare.net
Fuente de Internet <1 %

20 qdoc.tips
Fuente de Internet <1 %

21 www.bdigital.unal.edu.co
Fuente de Internet <1 %

22

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

23

CLEAN TECHNOLOGY S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos de Gestión No Municipal - Relleno de Seguridad Majes-IGA0003710", R.D. N° 00161-2019-SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

<1 %

24

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

rpp.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to Universidad de Guayaquil

Trabajo del estudiante

<1 %

27

sinia.minam.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

PERU WASTE INNOVATION S.A.C. - PWI S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para las Ciudades de Nasca y Vista Alegre; Provincia de Nasca, Departamento de Ica-IGA0003519", R.D. N° 177-2014/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

29

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

30

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Planta de Transferencia de Residuos Sólidos Inorgánicos de la Localidad de Chiclayo-IGA0003707", R.D. N° 364-2015/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

31

GUERRERO TORRES YOEL RICARDO. "EIA-SD del Proyecto Denominado Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Cerro de Pasco, Provincia de Pasco - Pasco-IGA0018159", R.G. N° 0119-2022-GMPP-A/GM, 2022

Publicación

<1 %

32

Rivera García Juan. "Diseño de la red de distribución general de agua potable para las colonias El Parejo y Santa Clara, de la localidad de San Ángel Zurumucapio, Michoacán", TESIUNAM, 2017

Publicación

<1 %

33

documentop.com

Fuente de Internet

<1 %

34

dspace.umh.es

Fuente de Internet

<1 %

35

repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

36

www.minvivienda.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

37

EVALUACION Y GESTION AMBIENTAL S.A.C. (EVAGAM SAC). "DIA del Proyecto Relleno Sanitario Manual y Planta de Tratamiento de Anta-IGA0005412", R.D. N° 685-2015/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

38

RIVAS OYOLA NILTON ERNESTO. "EIA-SD Categoría II de la Infraestructura de Disposición Final, Planta de Valorización y Centro de Acopio de Residuos Sólidos Municipales del Proyecto Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Ferreñafe y Ampliación del Servicio de Disposición Final para las Ciudades de Pueblo Nuevo y Manuel Antonio Mesones Muro, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque-IGA0017525", R.G.M. N°0177-2019-MPF/GM, 2022

Publicación

<1 %

39

Submitted to United World College Costa Rica

Trabajo del estudiante

<1 %

40

www.corpoboyaca.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

41

www.peru.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

42

CONSORCIO FICHTNER GMBH & CO. KG - CONSULTORIA Y DIRECCION DE PROYECTOS - CYDEP S.A.S.. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos, y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para las Ciudades de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera, Provincia de Andahuaylas, Región de Apurímac-IGA0003893", R.G. N° 112-2016-GM-MPA, 2021

Publicación

<1 %

43

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA. "PIGARS de la Provincia de Piura 2016-IGA0009220", Ordenanza N° 196-00-CMPP, 2020

Publicación

<1 %

44

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

www.defensoria.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

46

#N/A. "PMR de la Municipalidad Distrital de Ancón 2020-IGA0013494", Ordenanza N° 429-2020-MDA, 2021

Publicación

<1 %

47

ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "Plan de Cierre del Plantel ECH-05-IGA0013898", R.D.G. N° 156-2020-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021

Publicación

<1 %

48

www.clubensayos.com

Fuente de Internet

<1 %

49

CONSORCIO ORIENTAL CONSULTANTS-CESEL-GEA. "DIA del Proyecto Ampliación y Mejoramiento de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales en los Centros Poblados Urbanos de las Localidades de Pedro Ruiz Gallo, Shipasbamba, San Carlos, Cuispes, Churuja y San Pablo de Valera y los Centros Rurales de Suyubamba, Chosgón, San Gerónimo y Cocachimba, Provincia de Bongará - Amazonas-IGA0000863", R.A. N° 160-2016-MPB, 2021

Publicación

<1 %

50

GREEN ENVIRONMENT S.A.C.. "DAA para la Planta Industrial de Fabricación, Distribución, Servicios de Reparación y Mantenimiento de Intercambiadores de Calor para el Sector Automotriz y la Industria en General-

<1 %

IGA0012056", R.D. N° 237-2019-
PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

51

PROINTO INGENIEROS S.A.C.. "DIA del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para la Ciudad de Chiquián, Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash-IGA0003854", R.D. N° 276-2015/DSB/DIGESA/SA, 2021

Publicación

<1 %

52

www.coneau.gov.ar

Fuente de Internet

<1 %

53

www.incae.edu

Fuente de Internet

<1 %

54

CESEL S A. "EIA para el Suministro de Agua, Energía y Planta Desaladora del Proyecto Cerro Lindo-IGA0000852", R.D. N° 134-2007-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

55

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CIUDAD ETEN. "PMR del Distrito de Ciudad Etén 2016-IGA0008498", O.M. N° 006-2016/MDCE, 2020

Publicación

<1 %

56

digital.csic.es

Fuente de Internet

<1 %

57	ecuador.indymedia.org Fuente de Internet	<1 %
58	www.lacapital.com.ar Fuente de Internet	<1 %
59	CESEL S A. "EIA-SD del Proyecto Línea de Transmisión en 220 kV S.E. Carabayllo - S.E. Nueva Jicamarca-IGA0003081", R.D. N° 352-2013-MEM/AAE, 2020 Publicación	<1 %
60	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
61	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
62	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
63	repositorio.ifam.edu.br Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
66	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

67

#N/A. "Actualización del PMR de la
Municipalidad de Alto Biavo 2020-
IGA0013547", O.M. N° 008-2020-MDAB/C,
2021

Publicación

<1 %

68

#N/A. "PMR de San Juan de Lurigancho 2021-
IGA0018085", Ordenanza N° 416-MDSJL, 2022

Publicación

<1 %

69

García Flores Rogelio. "Plan para el
mejoramiento del manejo de las aguas
residuales de la Cd. de Tijuana, Baja
California", TESIUNAM, 1995

Publicación

<1 %

70

MINPETEL S.A.. "PMA del Sistema Eléctrico
Rural Valle Rio Chillón 10/20 kV-IGA0012770",
R.D. N° 364-2014-MEM/DGAAE, 2021

Publicación

<1 %

71

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

72

es.wikipedia.org

Fuente de Internet

<1 %

73

hal.archives-ouvertes.fr

Fuente de Internet

<1 %

74

preeica.ca

Fuente de Internet

<1 %

75

www.repositorio.usac.edu.gt

<1 %

76

"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 27 (2011)", Brill, 2015

Publicación

<1 %

77

Blancas Herrera María Luisa Victoria. "El procesamiento de los residuos municipales en la sociedad moderna", TESIUNAM, 2013

Publicación

<1 %

78

CESEL S A. "EIA del Proyecto de Reubicación de los Equipos de Turbogas de la Central Térmica de Mollendo a Independencia - Pisco-IGA0001376", R.D. N° 289-2007-MEM/AAE, 2020

Publicación

<1 %

79

Chávez Ramos Gustavo Esteban, Sánchez Padilla Luis Eleazar, López Flota Guadalupe. "Incorporación de la variable ambiental en la planeación de proyectos de obras de ingeniería civil", TESIUNAM, 2009

Publicación

<1 %

80

ECOLAB S.R.L.. "PAMA para el Relleno Sanitario Manual Santa Cruz-IGA0000134", R.D. N° 0145/2006/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

81

ERM PERU S.A.. "PMA para la Instalación y Operación de la Planta Compresora KP 127.- IGA0005733", R.D. N° 317-2011-MEM/AE, 2020

Publicación

<1 %

82

GREEN CONSULTING ASOCIADOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS para la Reubicación de la Planta de Plomo, Adición y Modificación de Componentes de la Planta Zinsa- IGA0007903", R.D. N° 172-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

83

SRK CONSULTING (PERU) S.A.. "DIA del Proyecto Planta de Pirólisis para la Revalorización de NFU-IGA0004033", R.D. N° 00009-2020-SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

<1 %

84

TARAZONA ESPINOZA ANTONINO OVIDIO. "PAP de Todas las Líneas de Combustible Líquido, Tanques de Almacenamiento de Combustible Líquido, Demolición de Islas y Anulación de Tuberías de la Empresa Energigas-IGA0007270", R.D. N° 055-2017-MEM/DGAAE, 2021

Publicación

<1 %

85

[baixardoc.com](https://www.baixardoc.com)

Fuente de Internet

<1 %

86	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
87	es.ncsljls.com Fuente de Internet	<1 %
88	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
89	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
90	moam.info Fuente de Internet	<1 %
91	repository.eia.edu.co Fuente de Internet	<1 %
92	treaties.un.org Fuente de Internet	<1 %
93	www.bmhim.com Fuente de Internet	<1 %
94	www.dropbox.com Fuente de Internet	<1 %
95	www.revistaalfa.org Fuente de Internet	<1 %
96	Ángel Valentín Mercedes García. "Metodología de análisis para la mejora de los indicadores de sostenibilidad en las redes de distribución presurizadas mediante el uso de	<1 %

97

#N/A. "Actualización y Mejora del PAMA para la Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos El Zapalla-IGA0016325", R.D. N° 2261-2016/DSA/DIGESA/SA, 2022

Publicación

<1 %

98

ANDRADE CAYCHO EDGAR. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales y Municipales Yacucatina - San Martín-IGA0000038", R.D. N° 1485-2015/DEPA/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

99

Castro Escamilla Kathy Irene. "El manejo de los residuos sólidos municipales de San Salvador : diagnóstico y propuesta", TESIUNAM, 2009

Publicación

<1 %

100

Soto Pérez Rocío Ivette. "Una propuesta de programa de logística inversa para empresas recuperadoras de vidrio", TESIUNAM, 2013

Publicación

<1 %

101

"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 2 (1986)", Brill, 1988

Publicación

<1 %

102 #N/A. "PIGARS de la Provincia de Aija 2020-IGA0013322", O.M. N° 012-2020-MPA/A, 2021 <1 %
Publicación

103 doku.pub <1 %
Fuente de Internet

104 repositorio.uss.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

105 www.cacic2016.unsl.edu.ar <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado