

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**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**

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

AUTOR

GIANELA LIZET GAMONAL CORONEL

ASESOR

JOAQUÍN HERNÁN ROJAS OBLITAS

<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

Chiclayo, 2020

**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**

PRESENTADA POR:

GIANELA LIZET GAMONAL CORONEL

Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Aníbal Teodoro Díaz Orrego

PRESIDENTE

Justo David Pedraza Franco

SECRETARIO

Joaquín Hernán Rojas Oblitas

ASESOR

DEDICATORIA

Dios es el principal factor de realización de esta tesis que hizo posible que llegue hasta esta etapa de mi vida. Así mismo va dedicada a mi familia que con su apoyo y confianza siempre estuvieron en todas las etapas de este proceso, así como también a todas las personas que estuvieron a mi lado para brindarme su ayuda.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar al lugar donde estoy ahora.

A mis padres por haberme formado como la persona que soy en la actualidad y por contribuir con su apoyo en mi formación profesional.

A mi asesor por su tiempo y conocimientos brindados para desarrollar este proyecto de la mejor manera posible.

A mis amigos y personas cercanas por darme su apoyo moral para no desvanecer en el difícil camino de este proceso.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad entregar una solución ambiental para el problema de manejo de residuos sólidos Municipales del Distrito de Olmos en la Provincia de Lambayeque mediante el diseño de la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos, el cual, permitirá que la población se involucre en la comercialización de reciclado formal mediante la valorización de residuos inorgánicos. Por otro lado, la valorización de los residuos orgánicos dará lugar a la generación de compostaje para la fertilización de campos agrícolas y también la adecuada disposición final de residuos no reciclables para minimizar los impactos ambientales y sanitarios producto de la actual disposición que no cumplen con los requerimientos básicos medioambientales. El diseño de la infraestructura contempla un área de 10 hectáreas que contará con un relleno sanitario manual propiamente dicho, drenaje de lixiviados, dos plantas de valorización: reciclaje y compostaje, accesos internos, Instalaciones auxiliares como caseta de control, oficina administrativa, almacén, servicios de agua y saneamiento y vestuario, entre otros necesarios. Para el desarrollo del proyecto se tomó datos otorgados por la Municipalidad de Olmos como el estudio de caracterización de residuos, también se determinó el tamaño de población beneficiada, se realizó estudios de selección de área para determinar la mejor alternativa de terreno, posteriormente realizar los estudios correspondientes como topografía, estudios de mecánica de suelos, y todos los necesarios para el desarrollo del diseño basándonos en los lineamientos del MINAM y otras fuentes confiables como bases teóricas.

PALABRAS CLAVE: Disposición final, Residuos sólidos, Valorización, Compostaje, Lixiviados.

ABSTRACT

The current project has the purpose to delivering an environmental solution to the municipal solid waste's management problem in the District of Olmos in the Province of Lambayeque through the design of infrastructure for the exploitation and final disposal of solid waste, which, will allow the population to get involved in the commercialization of formal recycling through the valuation of inorganic waste. On the other hand, the valuation of organic waste will lead to the creation of composting for the fertilization of agricultural fields and also the appropriate final disposal of non-recyclable waste to minimize the environmental and health impacts, product of the current disposal that doesn't fulfill the basic environmental requirements. The design of the infrastructure contemplates an area of 10 hectares that will have a manual landfill per se, leachate sewer system, two plants of valuation: recycling and composting, internal accesses, auxiliary facilities such as control booth, administrative office, storage, water, sanitation and dressing area, among others needed. For the development of the project, it was used data given by the Municipality of Olmos such as the study of waste characterization, it was also determined the size of beneficiary population, studies of area selection were made in order to determine the best ground alternative, subsequently the pertinent studies will be implemented like topography, studies of soil mechanics, and all the necessary stuff for the development of the design based on the guideline of MINAM (Environment Ministry) and other reliable sources like theoretical basis.

KEYWORDS: Final disposal, Solid waste, Recovery, Composting, Leachate

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Antecedentes del problema	15
2.2 Bases Teórico Científicas.....	17
III. METODOLOGIA.....	19
3.1. Tipo y nivel de investigación	19
3.2. Diseño de investigación	19
3.3. Población, muestra, muestreo.....	19
3.4. Criterios de selección	20
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.6. Plan de procesamiento y análisis de datos	21
3.7. Consideraciones éticas	23
3.8. Estudios previos	23
3.8.1. Selección de área.....	23
3.8.2. Estudio Topográfico.....	24
3.8.3. Estudio Hidrológico	26
3.8.4. Estudio de mecánica de suelos	28
3.9. Parámetros de diseño del relleno sanitario	32
3.9.1. Tipo de relleno sanitario.....	32
3.9.2. Selección del método	33
3.9.3 Cálculo de la cantidad de residuos a disponer.....	34
3.9.4. Diseño de taludes	34
3.9.5. Generación de lixiviados.....	35
3.9.6. Diseño de poza de lixiviados.....	38
3.9.7. Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentía.....	38
3.9.8 Localización de los pozos de monitoreo	39
3.9.9 Drenaje de gases.....	40
4.0.0. Instalaciones auxiliares	41
4.0. Diagrama de flujo del proceso de la planta de tratamiento	43
IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN	44
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES.....	51
VII. LISTA DE REFERENCIAS.....	52
VIII. ANEXOS (Expediente técnico).....	54

1. DATOS PREVIOS AL DISEÑO

1.1 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE OLMOS-LAMBAYEQUE.

1.2 ESTUDIO DE SELECCIÓN DE ÁREA.

1.3 OPINIÓN TÉCNICA FAVORABLE DE ESTUDIO DE SELECCIÓN DE ÁREA.

1.4 DOCUMENTO DE FACTIBILIDAD DE TERRENO.

1.5 DOCUMENTO FACTIBILIDAD DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO.

1.6 INFORME TÉCNICO DE EXISTENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

2. **ESTUDIOS BÁSICOS.**
 - 2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO.
 - 2.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO
 - 2.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
 - 2.4 ENSAYO DE PERMEABILIDAD TRIAXIAL PARA MATERIALES COHESIVOS.
 - 2.5 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
3. MEMORIA DE CÁLCULO
4. MEMORIA DESCRIPTIVA
5. PLANILLA DE METRADOS
6. PRESUPUESTO
7. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS
8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
9. CRONOGRAMA DE OBRA
10. PLANOS DE OBRA.
 - 11.1 RELACIÓN DE PLANOS
11. PANEL FOTOGRÁFICO

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Mapa de ubicación del Distrito de Olmos	20
Imagen 2: Ubicación de la Alternativa 1 – El Porvenir	24
Imagen 3: Vista Satelital de la Alternativa 1 – El Porvenir	25
Imagen 4: Principales Cuencas hidrográficas en el Distrito de Olmos.....	26
Imagen 5: Ubicación del terreno respecto a la macro cuenca del río Cascajal.	26
Imagen 6: detalle de perfil de impermeabilización de relleno sanitario	31
Imagen 7: Método de área para construir un relleno sanitario	34
Imagen 8: Balance de masa para la valorización de residuos inorgánicos, orgánicos y no reciclables para año 2017.	39
Imagen 9: Perfil de relleno sanitario y diseño de taludes en programa Civil 3D.....	35
Imagen 10: Sección transversal de poza de lixiviados en programa Civil 3D.....	38
Imagen 11: Localización de pozos de monitoreo de aguas subterráneas y lixiviado en un relleno sanitario.	40
Imagen 12: Instalación de chimeneas para drenaje de gases.	41
Imagen 13: Sección A. Área de relleno sanitario y poza de lixiviados.....	45
Imagen 14: Sección B. Área de valorizaciones de residuos (reciclaje y compostaje)	46
Imagen 15: Sección C. Área administrativa.....	47
Imagen 16: Sección D. Área de ingreso, pesaje, caseta de vigilancia y cuarto de máquinas. .	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población beneficiada por zona urbana y rural de Olmos año 2017.....	21
Tabla 2: Calificación de alternativas de selección de área.....	24
Tabla 3: Ubicación del terreno: coordenadas UTM en DATUM WGS 84.....	25
Tabla 4: Información metereológica de la estación Virrey-Olmos	27
Tabla 5: Resumen de extracción de muestras mediante calicatas	28
Tabla 6: Resumen de clasificación de suelos- estratigrafía.....	29
Tabla 7: Resumen de clasificación de suelos- estratigrafía.....	29
Tabla 8: ventajas y desventajas de rellenos sanitarios manuales y mecanizados.....	32
Tabla 9: Población futura para veinte años con una tasa de crecimiento de 1.6%.....	35
Tabla 10: Composición física de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Olmos	36
Tabla 11: Proyección de la generación de residuos sólidos de Olmos para 20 años	37
Tabla 12: Densidad de diseño de la celda diaria y del relleno sanitario manual.....	38
Tabla 13: Flujo de destino y balance de masa para la valorización de residuos inorgánicos, orgánicos y no reciclables para una vida útil de 20 años.	38
Tabla 14: Cálculo del área requerida del relleno sanitario.....	30
Tabla 15: Cálculo de la capacidad útil de diseño	31
Tabla 16: Cálculo de la capacidad útil de diseño	31
Tabla 17: Cálculo del volumen anual de residuos dispuestos	33
Tabla 18: Recuperación anual de capital por valorización de residuos	49

I. INTRODUCCIÓN.

“En el Perú, el Ministerio del Ambiente ha verificado que el 25% de las comunas que tratan la basura recogida lo hace de manera informal, mientras que solo el 5% cuenta con una planta de tratamiento bajo estándares certificados. Es decir, de manera general el 70% de comunas provinciales no trata los residuos que recoge. Los 195 municipios provinciales que cuenta el país cumplen, de alguna manera, con el recojo de la basura producida por sus vecinos. Sin embargo, el tratamiento de esta aún es incipiente. Esto ha generado que los residuos se almacenen en botaderos o sean quemados, lo que puede causar daños a la salud y al medio ambiente [1]”.

Olmos el distrito más extenso a nivel territorial de Lambayeque, según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), tiene aproximadamente 5335, 25 Km², con una población total según el censo 2007 de 9807 habitantes en zona urbana y 26788 en zona rural. Superando un total de 36595 habitantes.

La tasa de crecimiento poblacional de Olmos, según INEI es de 1.6% y su densidad poblacional de 6.8 hab/km². Es por ello que el rápido crecimiento de población genera mayor consumismo y por lo tanto generación de mayores cantidades de residuos sólidos. El problema de los residuos se da principalmente en la zona urbana y centros poblados más cercanos abarcando un total aproximado de 12939 habitantes.

Como consecuencia del fenómeno del niño en los últimos años, el crecimiento poblacional, la falta de saneamiento ambiental, migración, exposición de humanos y animales ha ambientes contaminados han ocasionado la propagación de la Leptospirosis en el distrito, siendo los residuos sólidos uno de los factores contaminantes generadores de esta enfermedad infecciosa causada por bacterias llamadas Leptospira, siendo su reservorio domésticos más importante los bovinos, porcinos, equinos, ovinos y caprinos, así como un amplio rango de mamíferos silvestres y roedores (ratas y ratones); siendo los roedores los principales reservorios de la enfermedad, los cuales albergan la Leptospira contaminando el medio ambiente, el agua, suelo y alimentos. [2]

Según el “Diagnóstico del servicio integral de limpieza pública” (2017) [10] realizado por la Municipalidad de Olmos, para el almacenamiento público cuentan con solo 04 papeleras de 80 lts de capacidad aproximadamente los cuales solamente están ubicados en la plaza de armas del distrito y en cuanto a almacenamiento en vía pública, se han colocado contenedores solo en un 30 % de la Ciudad. Además, se encuentran en mal estado y no son suficientes para las cantidades de residuos que se produce, ya que la recolección de estos es ineficiente. Existen tipos de almacenamiento por diferentes fuentes como: nivel domiciliario, mercado y comercios, colegios y establecimientos de salud.

El servicio de barrido en sus calles lo presta directamente la municipalidad básicamente barren las vías pavimentadas y eventualmente se barren las calles no pavimentadas, donde se limita la recolección de papeles y plásticos. El servicio se realiza diariamente en horario noche con un personal de limpieza de 30 personas entre hombres y mujeres, quienes se encargan del barrido de las calles de Olmos, sin embargo, existe un déficit de cobertura de limpieza.

El servicio de recolección y transporte de la parte externa de la zona rural, se da mediante un volquete de 15m³ con horario de 5:00 am a 1:00pm los días lunes, miércoles y sábado y lo operan 1 chofer y 4 ayudantes. Dentro de la zona urbana cuentan con 04 moto furgones de 0.8m³ en horarios de 6:00am-2:00pm y 8:00pm-3:00am los días lunes a domingo y lo operan 1 chofer y un ayudante recolector. A pesar de esto la gente aún sigue teniendo incomodidad ya que el recojo no es continuo y ellos tienen que buscar otras formas de eliminación de sus residuos.

Uno de los grandes problemas en el ámbito de salubridad del distrito de Olmos es el Botadero de basura ubicado en la Margen Izquierda Este del Rio de Olmos, Jurisdicción del Asentamiento Humano Alan García el cual se encuentra ubicado a 2 km de la zona urbana de Olmos y a 500 mts del AAHH. Alan García lo cual genera mucha contaminación y enfermedades para los habitantes del distrito de olmos, porque muchas veces la basura es arrojada al río contaminando sus aguas, al quemar esa basura la Dioxina contamina el medio ambiente, por lo cual se sugiere que sea trasladado a otro lugar más lejano para que no perjudique en la salud de los habitantes. Este problema se viene dando hace 10 años atrás. [3]

En el plan de manejo de residuos sólidos 2016. Se realizó unas encuestas donde se pudo ver el malestar de la población por una ineficiente gestión de residuos sólidos, las cuales fueron

detalladas en el estudio de caracterización de residuos de Olmos elaborada por su Municipalidad.

La generación de residuos sólidos municipales abarca más de 10tn/día, siendo la generación Per Cápita (GPC) de los residuos domiciliarios a nivel del distrito de Olmos de 0.43 Kg/persona/día un valor considerable para contar con un buen manejo o gestión de estos, así mismo se establece el mal uso no sustentable de los residuos orgánicos y reciclables, siendo estos los que se generan en mayor porcentaje en el distrito.

En Olmos se produce en mayores cantidades o porcentajes residuos orgánicos y reciclables, pero por el mal aprovechamiento de estos, tan solo llegan a ser arrojados al botadero o en la comercialización de reciclaje informal, sin saber que estos residuos pueden generar ingresos económicos o mejoras por la valorización de estos.

Ante tal situación, se propone a través de esta tesis una serie de acciones y estrategias de protección medio ambiental, que reduzca el alto riesgo de impacto ambiental, preservando la salud pública, medio ambiente y recursos naturales del Distrito de Olmos.

En cuanto a justificación económica, al definir el diseño de la infraestructura se garantiza la valorización de los residuos orgánicos e inorgánicos y mediante su comercialización permitirá ingresos económicos directa e indirectamente. Así mismo este proyecto brindará puestos de trabajo a los pobladores en diferentes áreas de la planta o infraestructura. Por otro lado, la población se vería beneficiada al reducir los costos de contraer enfermedades por un inadecuado manejo de sus residuos sólidos.

El análisis realizado (justificación técnica) resalta la gran necesidad de infraestructuras ambientales a fin de asegurar el crecimiento constante de la eficiencia en el uso de materiales, regulación de la gestión y manejo de residuos sólidos, que abarca la minimización de la generación de residuos sólidos, la valorización de los residuos sólidos, la adecuada disposición final y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.

En la justificación social se pretende disminuir riesgos o peligros de contagio por enfermedades relacionadas a la basura como por ejemplo enfermedades diarreicas, parasitarias y respiratorias. Es por ello que la mejora ambiental involucra la reducción de agentes vectores

o mecanismos de contagio y por ende otorga beneficios tangibles y una mejor calidad de vida la población.

En justificación ambiental se pretende beneficiar la preservación del ambiente, evitando el desarrollo de vectores que generen impactos ambientales en la flora y fauna.

La valorización de los residuos ayuda a preservar la limitada materia prima que tenemos en nuestro planeta y conservarla mediante un adecuado manejo sostenible.

Hoy en día todos los proyectos de ingeniería deben ser sostenibles, por ello enfocado al medio ambiente, se realizó esta tesis tomando en cuenta el gran problema que está causando los residuos sólidos en nuestro país, a pesar de no contar con muchos proyectos enfocados en este tema, se debe hacer una seria consideración para proponer este tipo de proyectos, que en un futuro cercano serán de gran importancia para la sociedad.

El presente proyecto tiene como objeto principal: El diseño de la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos municipales para el Distrito de Olmos. Como objetivos específicos: recolectar toda información necesaria para el desarrollo del proyecto, evaluar la mejor alternativa de terreno, realizar los estudios topográficos del terreno, determinar la mejor propuesta de diseño y cálculos necesarios, realizar estudios de mecánica de suelos, estudio hidrológico, estudio de impacto ambiental, estudio geomorfológico, etc.

II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes del problema

Estudios y bibliografías relacionadas con el tema: “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”, tenemos:

Uzuriaga Valverde, Lourdes Pamela. 2013. “Estudio de prefactibilidad para la instalación de un relleno sanitario de seguridad para el tratamiento y disposición de residuos sólidos industriales peligrosos en el botadero de Reque – Chiclayo”. Tesis de grado: Pontificia universidad Católica del Perú.

Este trabajo de tesis evalúa la factibilidad de la implementación de una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de tipo industrial y peligroso, llamado también relleno sanitario de seguridad (RSS) en la zona norte del Perú como alternativa de inversión en beneficio ambiental y de salud para el país.

Morín Montoya, Arturo y Soto Odar, Neyld Roymer. 2017. “Diseño de un relleno sanitario manual para el distrito de Parcoy – La Libertad 2016”. Tesis de grado: Universidad Nacional de Trujillo.

Este proyecto realiza la comprobación de la factibilidad técnica y diseño final para la construcción de un relleno sanitario manual para el distrito de Parcoy, con un periodo de 15 años mediante estudios técnicos que permitan el diseño y posterior construcción del relleno sanitario, a través de estudios básicos de ingeniería como estudio de caracterización de residuos sólidos, estudio de selección de sitio y estudios de hidrología.

Cabrera Cabanillas, Merling Isabel y Navarro Pérez, Alex Herberth. 2017. “Elaboración del Plan de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Distrito de Tumbadén-Provincia San Pablo - Región Cajamarca”. Tesis de grado: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

Esta investigación se basa en la Elaboración del Plan de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Distrito de Tumbadén, para contribuir a la mejora de la gestión de los mismos. Para ello elaboró un diagnóstico integral del manejo de los residuos sólidos, propone rutas de recolección y transporte de los mismos y proyecta un diseño de Relleno Sanitario que cumpla con los requerimientos técnicos para el tratamiento.

Román Guillén, Gustavo Ángel. 2011. “Evaluación del diseño de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal de Cajamarca, distrito de Jesús, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca”. Tesis de grado: Universidad Nacional de Ingeniería.

El presente trabajo desarrolla y compara cada una de las tres alternativas planteadas de diseño para la infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, la cual presta el servicio de disposición final a los distritos de Cajamarca y Llacanora, y prestará el servicio a los distritos de Jesús y Los Baños del Inca. Con el objetivo de contar con una propuesta diseño definitivo del relleno sanitario para la ciudad de Cajamarca, que como infraestructura sanitaria moderna, complemente un Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos de Cajamarca, acción impulsada por la anterior y actual administración municipal, el Fondo Solidaridad de Cajamarca y la ONG Ciudad Saludable, y que busca solucionar esta temática en un corto y mediano plazo, a través de un diseño de acuerdo a parámetros reales propuestos.

2.2 Bases Teórico Científicas

Bases teóricas que se tomará en cuenta para el desarrollo del proyecto son:

Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales (Loja, Ecuador -2002):

Este manual desarrolla criterios estándar para el diseño y manejo de rellenos sanitarios. Considera tanto el caso de municipios grandes que disponen de equipo adecuado como también de municipios pequeños que operan manualmente.

Guía para el diseño construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual-MINAM:

Brinda alcances transectoriales en la gestión de residuos sólidos y en aspectos normativos como parte de la política de salud, para contribuir a reducir considerablemente los factores de riesgo asociados al inadecuado manejo de los residuos sólidos, protegiendo y promoviendo la salud de la población.

Manual de compostaje para municipios (Loja, Ecuador-2002).

Este manual es una guía para el diseño y manejo de plantas de compostaje producto de residuos orgánicos.

El reciclaje, oportunidades para reducir la generación de los desechos sólidos y reintegrar materiales recuperables en el círculo económico. (Loja, Ecuador-2002).

Este manual es una guía para el diseño y manejo de plantas de reciclaje producto de residuos inorgánicos.

Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024:

El Ministerio del Ambiente se ha centrado en la mejorara de la Calidad Ambiental a nivel nacional, ingresando la gestión integral de residuos sólidos como parte de este objetivo. Por ello, la Agenda Nacional de Acción Ambiental y el Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 anexan como objetivo principal a la gestión integral de residuos sólidos a nivel nacional, creando cuatro metas definidas a ser cumplidas hacia el 2021. De igual forma, el MINAM también se ha centrado en el mejoramiento operativo de la gestión y manejo de residuos sólidos por parte de los gobiernos locales, de tal manera tengan diversas iniciativas y proyectos buscando mejorar los servicios de limpieza pública, construcción de

infraestructura para el manejo de residuos, incremento del reciclaje de residuos sólidos municipales, educación ambiental para el consumo responsable entre otros.

Ley general de residuos sólidos ley n° 27314- MINAM

La gestión y manejo de los residuos sólidos se basan especialmente por los lineamientos de política, establecidos en el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, aprobado mediante Decreto Legislativo N.º 613 que podrá ser exigibles programáticamente, en función de las posibilidades técnicas y económicas para garantizar su cumplimiento.

Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales-MINAM.

El presente documento resultará de gran utilidad para mejorar las condiciones de ambiente y de salud de un amplio sector de poblaciones de América Latina y el Caribe. El autor del documento original es el Ing. Jorge Jaramillo, consultor internacional y profesor de la Universidad de Antioquia, Colombia. Para enriquecer este documento él incorporó comentarios de diversos consultores de otros países que trabajan en este campo o área.

Guía práctica para el diseño y explotación de plantas de compostaje.

Esta guía permite facilitar la comprensión del proceso de compostaje y elementos necesarios para el diseño de una planta de compostaje. Explica todos los conceptos relacionados con este proceso de transformación de la materia orgánica y como llevarlos a la práctica.

III. METODOLOGIA.

3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente proyecto es una investigación aplicada, porque surge como respuesta a un problema o necesidad específico de una localidad, es particular e inherente a la misma, por lo que requiere de una propuesta de solución específica. En este caso se responde al problema actual de los residuos sólidos en el distrito de Olmos proponiendo un diseño específico para darle solución.

3.2. Diseño de investigación

Para el cumplimiento de los objetivos se empleará la metodología observación - experimentación. La primera, a través de visitas a la zona de estudio para la recolección de datos e información necesaria para la elaboración del proyecto como estudio de caracterización y el plan de manejo de residuos sólidos de la zona del proyecto.

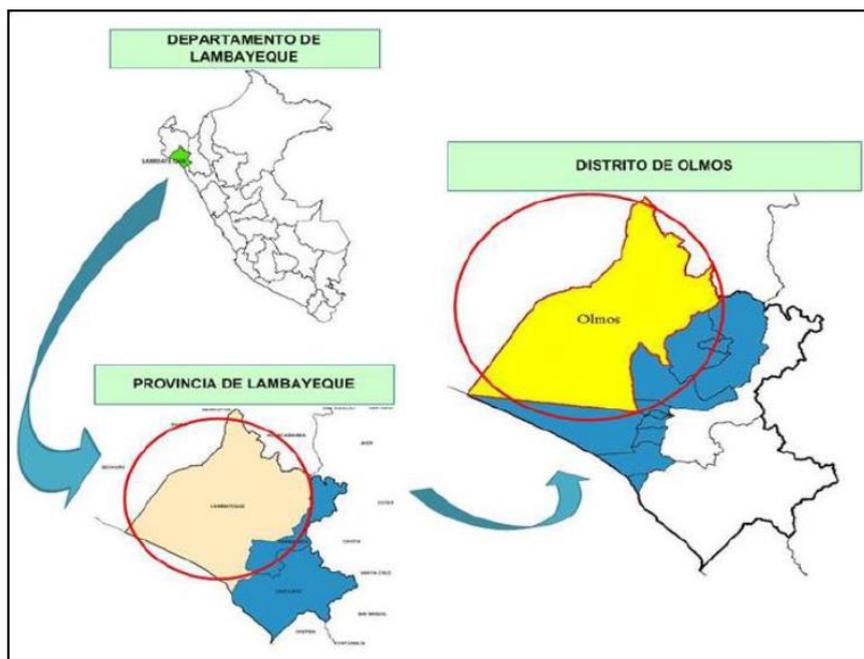
Durante la experimentación se obtendrá los datos específicos de las características de suelo, topografía, y estudios necesarios para el desarrollo de la propuesta de solución.

3.3. Población, muestra, muestreo

La zona de estudio e influencia del proyecto está ubicada en el Distrito de Olmos, Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque. “Ubicado al extremo norte de la provincia de Lambayeque, entre los paralelos 4° 24' 41 y 6° 30' latitud sur y 80° 31' 43 longitud Oeste, a 115 km de la ciudad de Lambayeque, por la carretera Lambayeque-Olmos (ramal de la Interoceánica Norte). Ubicado en la región natural Costa o Chala, aunque al noroeste de partes territoriales de zona yunga marítima. Se encuentra a una altura de 175 msnm, y tiene una densidad poblacional de 7,1 pobladores por km² [4]”

“Olmos es considerado como el distrito con mayor extensión territorial de la región de Lambayeque ocupando un área de 5.335,25 km², el representa el 51% del territorio de la provincia de Lambayeque y 33% de la región Lambayeque [4]”

Imagen 1: Mapa de ubicación del Distrito de Olmos



Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Olmos.

3.4. Criterios de selección

El criterio de selección para la muestra se basó principalmente por nivel de comercio, por mayor cantidad de habitantes y por mayor peligro a la salud de la población. Por ello se tomó como muestra la población urbana con una población de 14615 hab. y en el caso de la población rural se tomó en cuenta a las zonas más cercanas al lugar del proyecto de disposición final con 5341 hab. Estos datos fueron proporcionados por la Municipalidad Distrital de Olmos, según censo 2017-INEI. A continuación, se detalla los caseríos en la zona rural. Cabe recalcar que los caseríos beneficiados son los lugares que se encuentran en el transcurso del trayecto hacia el terreno donde estará ubicado el proyecto.

Tabla 1: Población beneficiada por zona urbana y rural de Olmos año 2017.

POBLACIÓN BENEFICIADA	
Zona Urbana	Hab.
Olmos	14615
Zona Rural	
Filoque	277
Las Pampas	543
Pasabar	812
Mocape	512
Insculas	886
Cerro de Falla	385
Porvenir	276
Querpón	474
Corral de Arena	889
Capilla Central	287
TOTAL	19956

Fuente: Municipalidad Distrital de Olmos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación directa, mediante visitas a la zona del proyecto que permitan obtener información para la realización del proyecto.

Análisis y evaluación de información obtenida de diversas fuentes (bibliográficas, planos, programas, ensayos, etc.)

Como instrumentos de recolección:

- Laboratorio de Mecánica de Suelos.
- Programas de ingeniería: SAP 2000, AUTOCAD, CIVIL 3D,
- Instrumentos topográficos
- Programa de cómputo: Microsoft Word, Excel.

3.6. Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos, se siguió los siguientes pasos:

- ✓ Visita a la zona del proyecto, para determinar los estudios previos a realizar.
- ✓ Se inició una recopilación de información, así como el reglamento o normativa nacional vigente respecto al tema.
- ✓ Se inició el estudio topográfico en el área del proyecto, así como la realización de los

planos topográficos. Este estudio fue elaborado en el terreno más favorable después de un estudio de selección de área que realizó la Municipalidad distrital de Olmos_Lambayeque.

- ✓ Respecto al estudio de mecánica de suelos, se realizó la toma de muestras y ensayos respectivos en el laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo.
- ✓ Selección del mejor diseño y distribución de los diferentes ambientes que contará el relleno sanitario.
- ✓ Estructuración y predimensionamiento de los elementos estructurales como: caseta de control, oficinas administrativas, SS.HH, comedor, plantas de valorización (compostaje y reciclaje), etc.
- ✓ Para el diseño de accesos de toda la infraestructura se empleó el programa civil 3D, así como también para las explanaciones o plataformas de las diferentes estructuras.
- ✓ Para el diseño del relleno sanitario y sus taludes se empleó el programa civil 3D.
- ✓ Para el análisis estructural de las edificaciones se empleó el software de ingeniería SAP 2000 v19.2, utilizando planos respectivos de a infraestructura.
- ✓ El diseño del relleno es manual por el número de habitantes que cuenta el distrito y la cantidad per cápita que se genera en Olmos.
- ✓ Se realizó el estudio hidrológico para definir el diseño de sistema de drenaje pluvial y drenaje de lixiviados.
- ✓ Para cálculos estructurales, sanitarios, eléctricos se utilizó el programa Microsoft Excel 2013.
- ✓ Para el presupuesto del proyecto se utilizó el programa S10 Costos y Presupuestos.
- ✓ Para el metrado en diferentes especialidades se utilizó el programa Microsoft Excel 2016.
- ✓ Se elaboró el marco conceptual y descriptivo del proyecto,
- ✓ Se elaboró las memorias de cálculo por cada componente y de sus respectivas especificaciones técnicas.
- ✓ Elaboración de planos en todas sus especialidades.
- ✓ Evaluación de impacto ambiental definitivo del proyecto.

3.7. Consideraciones éticas

- Consentimiento informado: Los pobladores y autoridades del caserío El Porvenir – Olmos fueron informados respecto a la investigación que se realizó y otorgaron los permisos necesarios para realizar los estudios correspondientes.
- los pobladores serán beneficiados con este tipo de proyectos ya que permiten la conservación de su habidad y su salud.
- Las fuentes bibliográficas fueron guías para la realización del proyecto más no plagio.
- Recolección de la información, enfocando el bienestar de las personas sobre los fines académicos como científicos.
- Me responsabilizo afirmando que el estudio no pretenderá ningún perjuicio institucional, profesional y personal a efectos de la información; por ende, reafirmo que los hallazgos del estudio no serán utilizados con motivos distintos a los que inicialmente se han proyectado.

3.8. Estudios previos

3.8.1. Selección de área

La municipalidad de Olmos realizó un previo estudio de selección de área para determinar el mejor terreno previsto para este tipo de proyecto de tal manera cumplan con los requerimientos básicos para la construcción de un relleno sanitario, mediante la opinión técnica favorable de estudio de selección de área para infraestructura de disposición final de residuos sólidos (**ver anexo 1.3**). Este estudio se trabajó con dos alternativas siendo la más apta la alternativa 1- Sector El Porvenir, de propiedad de la Comunidad Campesina de Santo Domingo de Olmos, sin embargo existe la disponibilidad de cesión de uso del terreno para su uso como relleno sanitario ya que presenta las mejores condiciones para su implementación, obteniendo la puntuación de 435 puntos. (**Ver anexo 1.2**)

La siguiente tabla presenta una sistematización cualitativa de las variables consideradas, las cuales serán tomadas en cuenta posteriormente.

Tabla 2: Calificación de alternativas de selección de área.

ÍTEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN	Según marco legal	Ponderación (%)	Alternativa 1	Alternativa 2
				El Porvenir	La Pala
1	Propiedad del terreno	-	7	Propiedad comunal por ceder en uso	Propiedad comunal por ceder en uso
2	Localización (distancia a vía de acceso principal Km)	-	5	0.5	1.5
3	Cuenta con barrera sanitaria natural	-	3	No	No
4	Distancia a la población más cercana (m)	>1,000	7	3.51 km	1.32 km
5	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>1,000	4	3.51 km	1.32 km

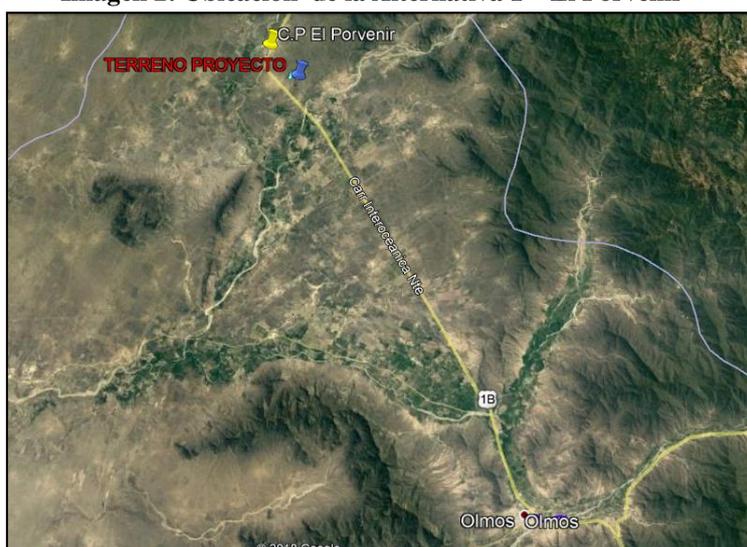
Fuente: Estudio de selección de área para infraestructura de disposición final de residuos sólidos - distrito Olmos – Lambayeque – Lambayeque.

3.8.2. Estudio Topográfico

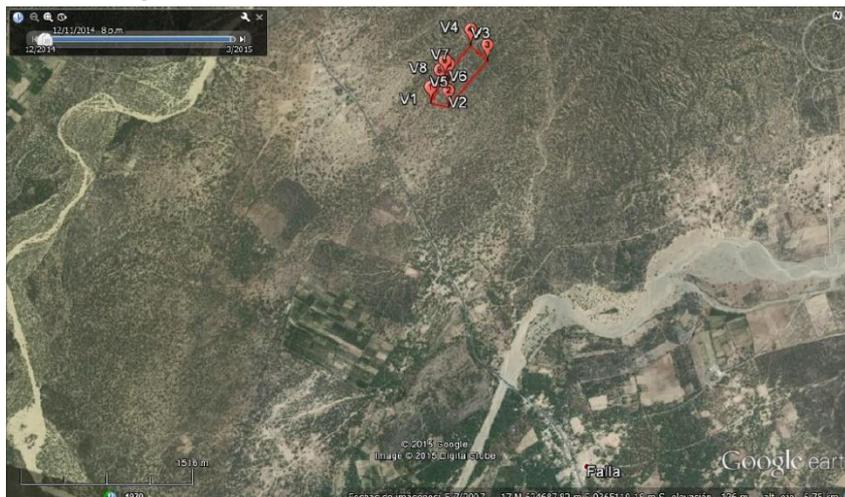
La zona del proyecto se encuentra en el Porvenir tiene acceso mediante la ruta de la Carretera Interoceánica Norte a la altura del km 124. Desde la ciudad de Olmos en auto en dirección noroeste, el recorrido es de 35 Km y el tiempo de viaje es de 20 minutos en promedio.

El terreno propuesto se caracteriza por presentar un relieve y formas onduladas, la pendiente promedio general es de 8% y no presenta floraciones rocosas.

Imagen 2: Ubicación de la Alternativa 1 – El Porvenir



Fuente: Google Earth

Imagen 3: Vista Satelital de la Alternativa 1 – El Porvenir

Fuente: Estudio de selección de área para infraestructura de disposición final de residuos sólidos - distrito Olmos – Lambayeque – Lambayeque.

El área total del terreno es de 10 has y su perímetro es de 1,506.28 ml; los vértices que encierran el terreno forman un polígono regular, las coordenadas UTM de cada vértice se muestran en el siguiente cuadro. **(Ver anexo 2.1)**

Tabla 3: Ubicación del terreno: coordenadas UTM en DATUM WGS 84

VERTICE	COORDENADAS		LADO	DISTANCIA (m)
	NORTE (Y)	ESTE (X)		
V1	9366549	624375	V1-V2	198.5
V2	9366436	624538	V2-V3	531.65
V3	9366906	624787	V3-V4	198.5
V4	9367014	624620	V4-V5	70.72
V5	9366695	624453	V5-V6	68.68
V6	9366668	624494	V6-V7	29.07
V7	9366646	624475	V7-V8	49.09
V8	9366600	624424	V8-V1	360.07

Fuente: Estudio de Topografía- El Porvenir

3.8.3. Estudio Hidrológico

En ambas alternativas de área, la precipitación total promedio anual fluctúa en un rango de 200 a 400 mm. Del mismo modo, en ambas alternativas, el rango de temperatura promedio anual está entre 23 a 24.9 °C, con mínimas promedio de 18 – 18.7°C, y máximas promedio de 30 – 31 °C. El Sistema Hidrográfico del distrito de Olmos está conformado por dos cuencas hidrográficas principales (Cuenca del río Olmos y Río Cascajal) y dos sub cuencas menores (Sub-cuencas Insculás, Ñaupe). (Ver anexo 2.2)

Imagen 4: Principales Cuencas hidrográficas en el Distrito de Olmos.



Fuente: Mapa hidrográfico del Perú.

La ubicación del terreno del presente proyecto corresponde a la macrocuenca del río Cascajal. Sin embargo, el río más cercano es el río Insculás, la distancia desde el vértice más desfavorable (V4) del terreno, al curso de agua es de 1.87 km. Por ende la zona del proyecto no es inundable.

Imagen 5: Ubicación del terreno respecto a la macro cuenca del río Cascajal.



Fuente: Google Earth

Para determinar el caudal o máxima descarga de diseño se tomaron datos de la información meteorológica de la estación Virrey-Olmos siendo la más cercana a la zona de estudio. Esto permitirá determinar la cantidad de lixiviados que generará el relleno sanitario, así mismo determinar el diseño de drenaje pluvial. Para el diseño de lixiviados se tomó la precipitación máxima anual promedio del mes de febrero siendo 32.4mm.

Tabla 4: Información meteorológica de la estación Virrey-Olmos

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE LA ESTACIÓN VIRREY													
Departamento	Piura	Provincia:	Lambayeque	Distrito	olmos								
Latitud	5°33'57.55"	Latitud:	79°31'31.52"	Altitud:	2178								
Parámetro:	Precipitación máxima en 24h (mm)			Estación	Virrey								
Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMB.	OCTUB.	NOVIEMB.	DICIEMB.	MAX. ANUAL
1988	22.0	40.5	20.0	24.0	5.0	0.0	0.0	0.0	15.5	20.0	20.0	16.5	40.5
1989	20.0	20.1	20.0	20.2	0.0	10.0	13.0	1.0	0.0	25.0	19.5	12.1	25.0
1990	25.0	25.0	20.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	10.0	19.0	20.0	25.0
1991	25.0	27.0	27.0	20.0	0.0	15.0	0.0	1.0	10.2	20.0	1.0	16.7	27.0
1992	5.8	27.5	20.0	22.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	28.0	26.0	13.0	28.0
1993	10.0	19.5	25.0	15.0	9.3	10.0	1.0	0.0	0.0	8.0	4.0	20.0	25.0
1994	22.0	20.0	28.5	38.0	12.0	1.0	0.0	0.0	32.2	5.0	20.0	0.0	38.0
1995	1.0	31.0	43.0	25.0	21.2	1.0	0.0	0.0	5.0	9.2	0.0	10.1	43.0
1996	18.5	22.2	25.0	23.0	10.0	2.0	3.1	0.0	8.5	5.0	10.0	20.0	25.0
1997	26.5	23.0	20.0	11.5	16.5	0.0	13.0	10.0	0.0	0.0	8.0	22.0	26.5
1998	20.0	13.5	30.0	28.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	6.2	2.1	30.0
1999	0.0	20.0	27.4	33.8	0.5	9.3	7.3	0.4	19.6	0.7	14.5	21.4	33.8
2000	9.6	20.3	20.0	20.0	19.6	7.1	5.3	0.0	8.3	15.2	7.1	15.5	20.3
2001	19.6	21.0	18.4	17.6	18.8	4.2	5.1	2.1	7.1	4.2	2.1	15.8	21.0
2002	16.7	17.9	25.8	16.6	12.6	14.2	0.0	5.0	9.7	0.0	6.0	11.5	25.8
2003	18.4	16.7	15.7	10.5	12.3	1.0	5.0	0.0	0.0	2.1	18.4	9.6	18.4
2004	8.9	20.0	18.6	19.4	11.2	1.8	3.2	0.0	0.1	10.6	7.2	12.9	20.0
2005	18.5	16.6	11.0	11.0	9.2	12.1	4.2	0.0	1.4	1.0	7.0	13.5	18.5
2006	9.8	6.4	6.3	16.7	10.2	0.1	1.1	0.0	10.2	12.6	6.6	13.6	16.7
2007	6.0	18.3	20.0	8.5	1.9	3.0	0.0	0.0	2.0	5.0	3.5	14.0	20.0
2008	18.0	55.4	49.5	17.1	1.7	1.8	7.8	0.0	1.0	0.1	9.9	14.3	55.4
2009	11.1	10.2	15.2	14.1	5.0	3.5	0.2	1.7	0.3	17.2	10.2	4.3	17.2
2010	55.9	55.0	55.1	117.1	6.9	3.8	5.3	4.0	3.4	15.2	15.4	1.6	117.1
2011	52.3	79.9	72.3	8.4	14.6	1.3	0.0	1.8	0.5	2.5	16.3	9.8	79.9
2012	32.1	158.4	39.3	16.5	3.3	5.3	0.2	1.2	0.4	39.7	5.5	12.2	158.4
2013	18.6	38.5	11.5	30.3	0.0	5.5	2.0	1.7	7.3	18.2	9.6	19.0	38.5
2014	22.0	43.4	32.5	62.5	4.5	0.3	0.0	0.1	0.0	8.3	10.6	13.9	62.5
2015	37.3	36.2	26.8	2.2	29.3	0.0	2.1	0.0	7.9	13.7	0.2	8.3	37.3
PROMEDIO	19.6	32.4	27.1	24.1	9.1	4.4	2.5	1.1	5.6	10.4	9.4	12.9	32.4
MÁXIMO	55.9	158.4	72.3	117.1	29.3	15.0	13.0	10.0	32.2	39.7	26.0	22.0	158.4
MÍNIMO	0.0	6.4	6.3	2.2	0.0	6.4							

Fuente: SENAMHI / Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional

Mediante el estudio hidrológico se determinó que la zona del presente proyecto no es inundable. Para ello se trabajó con el programa Arcgis para el estudio de cuencas con datos meteorológicos para determinar la máxima descarga de diseño que se obtuvo con la fórmula del método racional obteniendo un caudal de 0.44 m³/s. para ello se diseñó un canal pluvial de sección trapezoidal que junto a las demás aguas residuales serán tratadas mediante un tanque séptico mediante sistema de tratamiento Wetlands (humedales artificiales) y lechado de secado de lodos con un área de 9m². Mediante este estudio se pudo determinar la cantidad de lixiviados que se producirá en el relleno sanitario que serán expulsado mediante tuberías colectoras de 10cm de diámetro y dirigidos por zangas con un ancho mínimo de 0.6m y 1m de profundidad. Estos lixiviados serán tratados en una poza para lixiviados para su posterior evaporación y circulación mediante bombeo, esta poza será impermeabilizada con un capa de 20cm de arcilla y geomembranas. (Ver anexo 11).

3.8.4. Estudio de mecánica de suelos

Con el objetivo de determinar el perfil estratigráfico del terreno o área en estudio se realizaron 09 calicatas o pozos a cielo abierto, con una conveniente distribución.

Tabla 5: Resumen de extracción de muestras mediante calicatas

Calicata	Ubicación	Profundidad	Coordenadas
C-1	“C. EL PORVENIR”	3.00 m.	E 624739.00, N 9366882.00
C-2	“C. EL PORVENIR”	3.00 m.	E 624630.00, N 9366921.00
C-3	“C. EL PORVENIR”	3.00 m.	E 624655.00, N 9366823.00
C-4	“C. EL PORVENIR”	1.50 m.	E 624687.00, N 9366759.00
C-5	“C. EL PORVENIR”	1.50 m.	E 624638.00 , N 9366698.00
C-6	“C. EL PORVENIR”	1.50 m.	E 624626.0, N 9366633.00
C-7	“C. EL PORVENIR”	1.50 m.	E 624563.00, N 9366594.00
C-8	“C. EL PORVENIR”	3.00 m.	E 624544.00, N 9366499.00
C-9	“C. EL PORVENIR”	1.50 m.	E 624518.00, N 9366766.00

Fuente: propia

Las muestras tomadas para ser ensayadas se clasificaron usando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). NTP 339.134, de las cuales se presenta la siguiente estratigrafía por calicata.

Tabla 6: Resumen de clasificación de suelos- estratigrafía

CALICATA	PROFUNDIDAD	ESTRATO	%HUMEDAD	% L. LÍQUIDO	%L. PLÁSTICO	%ÍNDICE PLASTICIDAD
1	3m	“SC”	1.81	25.64	7.13	18.51
2	3m	“SP”	1.5	20.11	5.44	14.67
3	3m	“SC”	3.81	20.18	8.94	11.24
4	1.50m	“SP-SC”	2.05	23.03	9.1	13.93
5	1.50m	“SC”	4.02	21.77	9.28	12.48
6	1.50m	“SC”	4.67	18.45	10.55	7.90.
7	1.50m	“SM”	4.64	31.76	27.4.	4.36
8	1.50m	“SC”	3.55	23.83	13.51	10.32
9	1.50m	“SP - SC”	6.93	24.08	13.51	10.57

Fuente: propia

- El área en estudio se encuentra ubicada dentro de la zona de sismicidad N° 4.
- En lo referente a la sismicidad del área en estudio, se recomienda que para el análisis sismorresistente se debe tener en cuenta un suelo Tipo II = S2 con período predominante $T_p = 1.0$ seg por analogía de lo que resulte pertinente con la E.030.
- La capacidad admisible del suelo de cimentación bajo las consideraciones planteadas es:

Tabla 7: Resumen de clasificación de suelos- estratigrafía

Profundidad (m)	Cohesión (Tn/m ²)	Angulo de Fricción Interna (θ)	Capacidad Admisible Cimentación
			Continua (Kg/cm ²)
1.50	0.113	20.5	0.61

Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

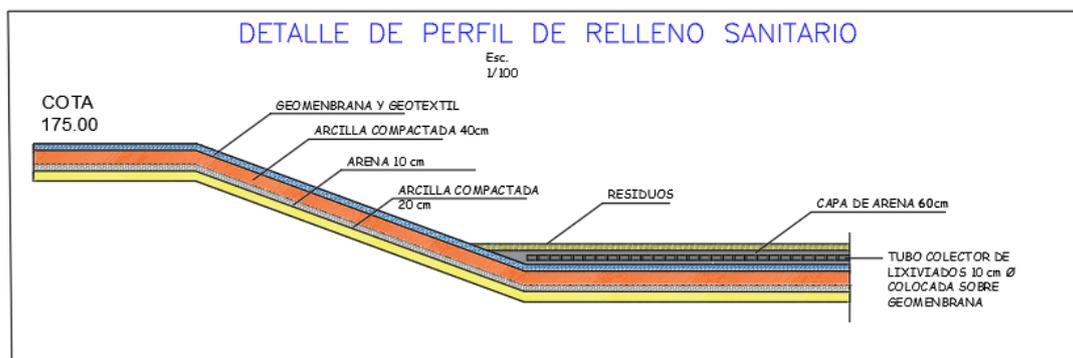
- El grado de **expansibilidad** del suelo, en la zona del proyecto es **bajo**.
- No se encontró nivel freático a la profundidad excavada 3.00 mt es probable que esta se encuentre a una profundidad mucho más baja ya que por referencias de proyecto cercanos el nivel freático está a más de 15 mt.

- En el caso de realizar obras exteriores veredas, losas vías de acceso, se deberá reemplazar la sub. Rasante con material de afirmado en un espesor mínimo de 0.30 m., para alcanzar el suelo de fundación mediante compactación dinámica por capa de 0.15 m., de espesor hasta alcanzar un grado mínimo de compactación igual al 95 % de la máxima densidad seca (MDS) del Proctor modificado
- Se recomienda, antes del vaciado de la cimentación, compactar el suelo de apoyo que generalmente es alterado en el proceso de excavación.
- En razón a la presencia de un mínimo de 0.012% de Sulfatos solubles en los estratos analizados, es suficiente el uso de Cemento Portland Tipo Ms para los elementos de la cimentación. Adicionalmente, cuando se haga presente las Filtraciones bien podrían estas sales atacar al concreto y al acero, por lo que se hace necesario darle mayor recubrimiento al acero e impermeabilizar el concreto y para lo cual bien se pueden adoptar alternativamente el uso de aditivos o impermeabilizantes de barrera como plástico de 400 micrones de espesor o un baño asfáltico en todo el exterior de los elementos.
- La profundidad de cimentación mínima recomendada será de 1.50 tomando en cuenta que partimos del mismo nivel en las tres calicatas
- El tipo de cimentación recomendada, Viga de Cimentación, ello dependerá de lo que en buen criterio lo decida el proyectista.
- La presión admisible del suelo según EMS es de 0.61kg/cm^2 para cimentación continua.
- El coeficiente k de permeabilidad del terreno no es apto, ya que los lixiviados pueden penetrar el suelo por lo cual se necesita impermeabilizar el relleno con arcilla. Por lo tanto se realizará ensayo de PERMEABILIDAD TRIAXIAL para suelos cohesivos ASTM D2938. Para ello se trabajó con dos muestras diferentes de arcillas una de la zona de Olmos por más cerca al proyecto y otra del distrito de Lambayeque para determinar cuál arcilla es más eficiente.

3.8.4.1 Ensayo de permeabilidad Triaxial

- De acuerdo a la guía diseño de relleno sanitario (MINAM), el coeficiente de permeabilidad en el laboratorio del material arcilloso para impermeabilizar no deberá ser superior a $K = 1 \cdot 10^{-6}$ cm/seg. Es decir el coeficiente k de permeabilidad del terreno no es apto $k = 7.25 \cdot 10^{-6}$ cm/seg., ya que los lixiviados pueden penetrar el suelo por lo cual se necesita impermeabilizar el relleno con material arcilloso de otros lugares. para eso se determinó la mejor opción, ensayando dos muestras de diferente lugar. Teniendo en cuenta que la muestra 01 de la cantera de Olmos su " k " = $1.23 \cdot 10^{-6}$ está en el límite y el de la cantera de Lambayeque supera la expectativa " K " = $5.58 \cdot 10^{-7}$ teniendo un mejor resultado.
- Según el detalle de sección transversal diseñada se necesitarán 3824.03 m^3 para una capa de 20cm de arcilla y 7616.26 m^3 para una capa de 40cm. De igual manera para la poza de lixiviados, 17 m^3 para una capa 20 cm y 34 m^3 para una capa de 40 cm. Generalmente se necesitará 11427.86 m^3 de arcilla para abastecer el sistema de impermeabilización. Por razones de calidad y disponibilidad de la cantidad necesaria, la arcilla apta sería la de la cantera 02 de Lambayeque, sector Sauzal. (Ver anexo 2.4)

Imagen 6: detalle de perfil de impermeabilización de relleno sanitario



Fuente: elaboración propia

Las capas de impermeabilización del relleno mostradas en la imagen 6 fueron basadas en las configuraciones típicas de cobertura final de relleno que recomienda George Tchobanoglous,

Hilary Theisen y Samuel Vigil en su libro “Gestión Integral de residuos sólidos”. (Ver anexo 11)

3.9. Parámetros de diseño del relleno sanitario

3.9.1. Tipo de relleno sanitario

“El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica [5]”.

En la tabla N°01 se dan algunas recomendaciones indicando en qué situación se preferiría qué tipo de relleno sanitario. El presente proyecto se diseñará como “relleno sanitario manual porque es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen –menos de 15 t/día. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas [5]”.

Tabla 8: ventajas y desventajas de rellenos sanitarios manuales y mecanizados.

SITUACIÓN	RELLENO MANUAL	RELLENO CON COMPACTACIÓN MECANIZADA
Municipalidad o comunidad muy pequeña (<5000 habitantes).	Siempre se recomienda.	NO
Municipalidad pequeña (<50000 habitantes).	Se recomienda generalmente.	Se recomienda si se puede compartir con otros municipios cercanos.
Municipalidad mediana (50 000 – 200 000 habitantes)	Solamente en circunstancias especiales (existe terreno vasto, no hay mano de obra especializada, mano de obra barata, no se dispone de maquinaria).	Se recomienda generalmente
Municipalidad grande (> 200 000 habitantes)	NO	Siempre se recomienda
Municipalidad muy aislada	Favorable para la implementación del relleno manual	Solamente se recomienda para municipios medianos y grandes.
Terreno es muy caro o limitado	Solamente para municipios muy pequeños.	Se prefiere también para municipios pequeños – medianos (el tractor se puede utilizar a medio tiempo).

Sitio muy lluvioso	Se recomienda para municipios pequeños y muy pequeños, tomando precauciones especiales (drenajes, cubierta)	Se prefiere generalmente
Se entierran también desechos peligrosos	Se pueden implementar las dos alternativas, tomando precauciones especiales (Establecimiento de una celda separada de seguridad).	
No se dispone de mano de obra calificada	Se prefiere para municipios pequeños – medianos.	Solamente se recomienda para municipios medianos – grandes.
El relleno sanitario se encuentra en un sitio bajo protección (parque nacional, bosque protegido etc.)	Se pueden implementar las dos alternativas con cuidado especiales para disminuir las emisiones (capa impermeable de fondo, laguna suficiente, recuperación de los desechos valorables etc.)	
Mano de obra muy barata	Se prefiere generalmente	Se recomienda para municipios medianos – grandes

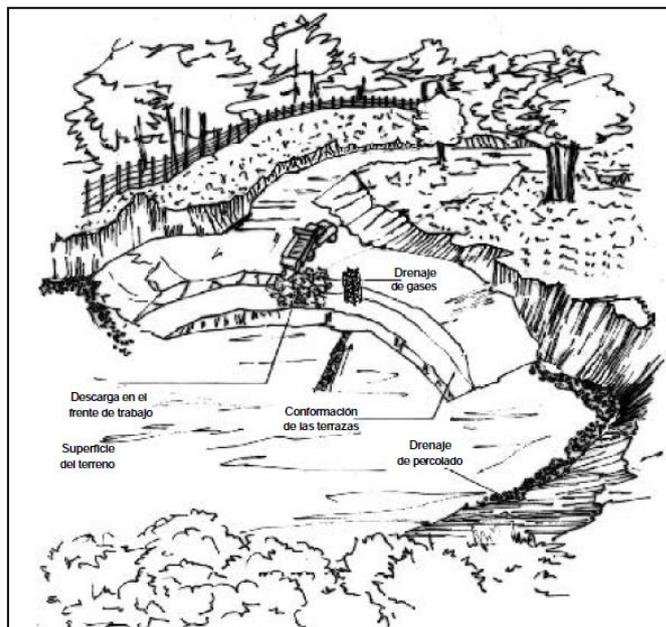
Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. [6]

3.9.2. Selección del método

“El relleno sanitario a diseñar será por **Método área**. En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno [5]”.

“El relleno se construye apoyando celdas en la pendiente natural del terreno, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y compacta contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra del terreno. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5% [5]”.

Imagen 7: Método de área para construir un relleno sanitario



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. [5]

3.9.3 Cálculo de la cantidad de residuos a disponer

Para definir la cantidad de residuos sólidos que dispondrá el relleno sanitario manual para 20 años, es necesario conocer la información demográfica de la población, tales como número de habitantes, tasa de crecimiento poblacional, así como la generación per cápita de residuos por habitante día.

3.9.3.1 Crecimiento poblacional

“El crecimiento demográfico se puede determinar a través de métodos matemáticos. Un ejemplo de su aplicación se muestra a continuación como un crecimiento geométrico, según la fórmula siguiente [7]”:

$$P_f = P_o (1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población futura

P_o = Población actual

r = Tasa de crecimiento de la población

n = (t final – t inicial) intervalo en años

Donde t = variable tiempo (en años)

Considerando los siguientes datos, estimaremos la población futura en veinte (20) años.

Adoptando la tasa de crecimiento de 1.6% según INEI a nivel distrital de Olmos se obtiene la proyección de la población futura para veinte años.

Tabla 9: Población futura para veinte años con una tasa de crecimiento de 1.6%.

AÑO	AÑO	POBLACIÓN (hab)
2017	año base	19956
2018	1	20275
2019	2	20600
2020	3	20929
2021	4	21264
2022	5	21604
2023	6	21950
2024	7	22301
2025	8	22658
2026	9	23021
2027	10	23389
2028	11	23763
2029	12	24143
2030	13	24530
2031	14	24922
2032	15	25321
2033	16	25726
2034	17	26138
2035	18	26556
2036	19	26981
2037	20	27412

Fuente: Elaboración propia

3.9.3.2 Generación per cápita de residuos

La información precisa de generación per cápita (Gpc) de residuos sólidos de Olmos, se obtuvo mediante el estudio de caracterización de residuos municipales realizado por la Municipalidad Distrital de Olmos 2015, la cual está en función de las condiciones socioeconómicas y hábitos de consumo de la población.

La Generación Per Cápita (GPC) de los residuos domiciliarios a nivel del distrito de Olmos es de 0.43 Kg/persona/día. Representando una cantidad de 8,581.08(Kg/día), corresponde a 8.58108 t/día Toneladas de residuos sólidos generados diariamente. [8] (Ver anexo 1.1)

3.9.3.3 Composición física y química

De acuerdo al estudio de caracterización 2015 elaborado por la municipalidad de Olmos se obtuvo los siguientes porcentajes:

Tabla 10: Composición física de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Olmos

COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	ÍNDICE
DESCRIPCIÓN	
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA ELABORAR COMPOST	36.95%
RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES	47.62%
RESIDUOS SÓLIDOS INSERVIBLES, ESPECIALES Y PELIGROSOS	15.43%
TOTAL	100.0%
	Porcentaje
A. RESIDUOS SÓLIDOS REAPROVECHABLES	84.57 %
A1. RESIDUO SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA ELABORAR COMPOST	36.95 %
RESIDUOS DE ALIMENTOS	35.27 %
MADERA	1.68 %
A2. RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES	47.62 %
PAPEL	17.96 %
CARTÓN	4.29 %
TETRAPACK	0.76
TEXTILES	0.61
PET	9.33
PEAD	1.70
VIDRIOS	8.17
METALES FERROSOS (HOJALATAS)	4.80
B. RESIDUOS SÓLIDOS NO APROVECHABLES / INSERVIBLES	15.43
OTROS	0.00
INERTES, PIEDRA, TIERRA	2.16
MEDICINAS, FOCOS	0.87
TECNOPOR	1.10
PILAS	1.72
BOLSAS	1.34
PAPEL HIGIENICO, PAÑAL	6.51
CAUCHO	1.73
TOTAL (A+B)	100.00

Fuente: Municipalidad Distrital de Olmos 2015. "Estudio de Caracterización de residuos sólidos".

Estos datos servirán para determinar el dimensionamiento del relleno y plantas de valorización de reciclaje y compost.

3.9.3.4 Proyección de la generación de residuos sólidos

“Se recomienda calcular la generación per cápita total futura para cada año proyectado, con incremento de 0.5 a 1% anual [5]”

Para el presente proyecto se optó por incrementar el 1% de generación per cápita por año consecutivo durante 20 años de vida útil.

Tabla 11: Proyección de la generación de residuos sólidos de Olmos para 20 años

Año	Población (hab)	Generación per cápita	Generación de Residuos (Ton/día)	Generación de Residuos (Ton/mes)	Generación de Residuos (Ton/año)
2017	19956	0.44	8.78	263.42	3204.93
2018	20275	0.44	9.01	270.31	3288.77
2019	20600	0.45	9.25	277.38	3374.81
2020	20929	0.45	9.49	284.64	3463.09
2021	21264	0.46	9.74	292.08	3553.69
2022	21604	0.46	9.99	299.72	3646.65
2023	21950	0.47	10.25	307.57	3742.05
2024	22301	0.47	10.52	315.61	3839.94
2025	22658	0.48	10.80	323.87	3940.39
2026	23021	0.48	11.08	332.34	4043.48
2027	23389	0.49	11.37	341.03	4149.25
2028	23763	0.49	11.67	349.96	4257.80
2029	24143	0.50	11.97	359.11	4369.18
2030	24530	0.50	12.28	368.51	4483.48
2031	24922	0.51	12.60	378.15	4600.77
2032	25321	0.51	12.93	388.04	4721.12
2033	25726	0.52	13.27	398.19	4844.63
2034	26138	0.52	13.62	408.61	4971.36
2035	26556	0.53	13.98	419.29	5101.41
2036	26981	0.53	14.34	430.26	5234.87
2037	27412	0.54	14.72	441.52	5371.81
					88203.49

Fuente: Elaboración propia

3.9.3.5 Densidad

“La densidad de los residuos es otro parámetro importante para el diseño del relleno. Para calcular las dimensiones de la celda diaria y el volumen del relleno, se recomienda que se pueden estimar las siguientes densidades [5]”:

Tabla 12: Densidad de diseño de la celda diaria y del relleno sanitario manual

Diseño	Densidad kg/m ³
• Celda diaria (basura recién compactada manualmente)	400 - 500
• Volumen del relleno (basura estabilizada en el relleno manual)	500 - 600

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales-Minam.

Para los cálculos previos se consideró una densidad de 0.6tn/m³ ya que se considerará residuos estabilizados en relleno manual y por ser valor mínimo que debe alcanzar el residuo como esparcido y compactado para rellenos sanitarios en el Perú el cual está establecido por el D.S. 057 - PCM -2004.

3.9.3.6. Flujo de Destino y Balance de masa

Para la valorización de los residuos se realizó un balance de masa para identificar el flujo de destino, tomando en cuenta los porcentajes de composición física del estudio de caracterización de residuos de la tabla 4. Así tenemos:

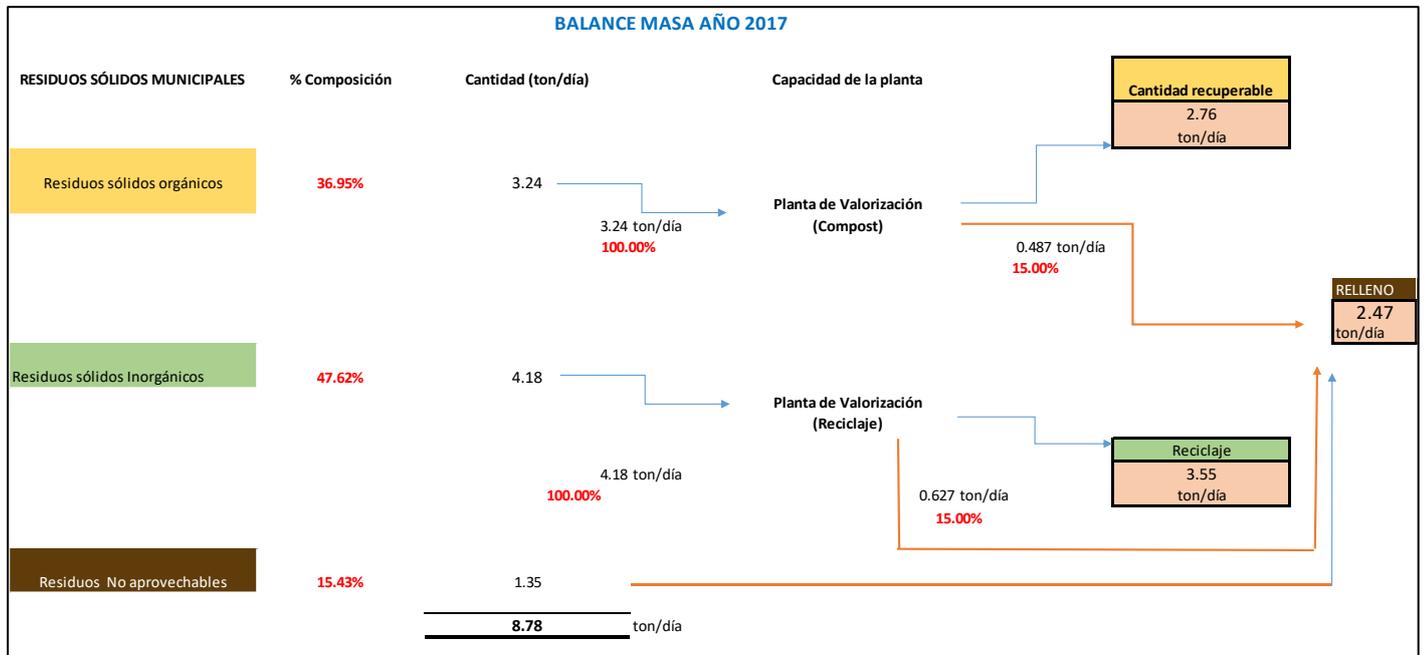
Tabla 13: Flujo de destino y balance de masa para la valorización de residuos inorgánicos, orgánicos y no reciclables para una vida útil de 20 años.

Año	Cantidad tn/día			total
	Inorgánicos	orgánico	no reciclables	
2017	4.18	3.24	1.35	8.78
2018	4.29	3.33	1.39	9.01
2019	4.40	3.42	1.43	9.25
2020	4.52	3.51	1.46	9.49
2021	4.64	3.60	1.50	9.74
2022	4.76	3.69	1.54	9.99
2023	4.88	3.79	1.58	10.25
2024	5.01	3.89	1.62	10.52
2025	5.14	3.99	1.67	10.80
2026	5.28	4.09	1.71	11.08
2027	5.41	4.20	1.75	11.37
2028	5.55	4.31	1.80	11.67
2029	5.70	4.42	1.85	11.97
2030	5.85	4.54	1.90	12.28
2031	6.00	4.66	1.94	12.60
2032	6.16	4.78	2.00	12.93
2033	6.32	4.90	2.05	13.27
2034	6.49	5.03	2.10	13.62
2035	6.66	5.16	2.16	13.98
2036	6.83	5.30	2.21	14.34
2037	7.01	5.44	2.27	14.72

Fuente: Elaboración propia.

Según Ingenieros especialistas en gestión de residuos sólidos y según experiencias en el campo de los residuos, sólo el 15% de la cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos son transportados hacia el relleno sanitario y el 85% son cantidades re aprovechables o recuperables mediante su respectiva planta de valorización.

Imagen 8: Balance de masa para la valorización de residuos inorgánicos, orgánicos y no reciclables para año 2017.



Fuente: Elaboración propia.

El balance de masa se realizará para cada año, luego se obtendrá el total de residuos que dispondrá para 20 años y con ese dato se dimensionará el relleno.

3.9.3.7. Cálculo de la capacidad útil del relleno

“Para el cálculo de la capacidad útil del relleno se consideró lo siguiente [7]”:

- El total de residuos sólidos a disponer a partir del balance de masa, para ello se determina un balance para cada año durante un periodo de 20 años
- La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual de 0.6 ton/m^3
- La cantidad del material de cobertura (20-25%) del volumen compactado de los residuos sólidos. Para este diseño se tomó 25%.

La capacidad útil de diseño (CUD) tendrá que ser superior al volumen mínimo útil y la forma se definirá según la topografía del terreno y método de relleno a utilizar.

Tabla 14: Cálculo del área requerida del relleno sanitario

Año	RESIDUOS ORGÁNICOS			RESIDUOS INORGÁNICOS			RESIDUOS NO REAPROVECHABLE			Densidad de residuos(tn/m3)	VAR: (m3/Año)	Cantidad de material de cobertura (%)	material de cobertura (m3/año)	VARD (m3/año)	VMU (M3) para diseño	h=3m	ÁREA REQUERIDA(m2)	
	Capacidad de planta	15% para relleno	material recuperable	Capacidad de planta	15% para relleno	material recuperable	No reciclables	TON/DÍA	TON/MES								TON/AÑO	RELLENO
2018	3.24	0.49	2.76	4.18	0.63	3.55	1.35	2.47	74.06	888.74	0.6	1481.23	296.25	1777.48	48918.28	3	16306.09	21197.92
2019	3.33	0.50	2.83	4.29	0.64	3.65	1.39	2.53	76.00	911.99	1519.98	304.00	1823.98					
2020	3.42	0.51	2.90	4.40	0.66	3.74	1.43	2.60	77.99	935.85	1559.74	311.95	1871.69					
2021	3.51	0.53	2.98	4.52	0.68	3.84	1.46	2.67	80.03	960.33	1600.55	320.11	1920.66					
2022	3.60	0.54	3.06	4.64	0.70	3.94	1.50	2.74	82.12	985.45	1642.42	328.48	1970.90					
2023	3.69	0.55	3.14	4.76	0.71	4.04	1.54	2.81	84.27	1011.23	1685.38	337.08	2022.46					
2024	3.79	0.57	3.22	4.88	0.73	4.15	1.58	2.88	86.47	1037.68	1729.47	345.89	2075.37					
2025	3.89	0.58	3.30	5.01	0.75	4.26	1.62	2.96	88.74	1064.83	1774.72	354.94	2129.66					
2026	3.99	0.60	3.39	5.14	0.77	4.37	1.67	3.04	91.06	1092.69	1821.14	364.23	2185.37					
2027	4.09	0.61	3.48	5.28	0.79	4.48	1.71	3.11	93.44	1121.27	1868.78	373.76	2242.54					
2028	4.20	0.63	3.57	5.41	0.81	4.60	1.75	3.20	95.88	1150.60	1917.67	383.53	2301.20					
2029	4.31	0.65	3.66	5.55	0.83	4.72	1.80	3.28	98.39	1180.70	1967.84	393.57	2361.40					
2030	4.42	0.66	3.76	5.70	0.86	4.85	1.85	3.37	100.97	1211.59	2019.32	403.86	2423.18					
2031	4.54	0.68	3.86	5.85	0.88	4.97	1.90	3.45	103.61	1243.28	2072.14	414.43	2486.57					
2032	4.66	0.70	3.96	6.00	0.90	5.10	1.94	3.54	106.32	1275.81	2126.35	425.27	2551.62					
2033	4.78	0.72	4.06	6.16	0.92	5.24	2.00	3.64	109.10	1309.18	2181.97	436.39	2618.37					
2034	4.90	0.74	4.17	6.32	0.95	5.37	2.05	3.73	111.95	1343.43	2239.05	447.81	2686.86					
2035	5.03	0.75	4.28	6.49	0.97	5.51	2.10	3.83	114.88	1378.58	2297.63	459.53	2757.15					
2036	5.16	0.77	4.39	6.66	1.00	5.66	2.16	3.93	117.89	1414.64	2357.73	471.55	2829.28					
2037	5.30	0.79	4.50	6.83	1.02	5.81	2.21	4.03	120.97	1451.65	2419.41	483.88	2903.29					
2038	5.44	0.82	4.62	7.01	1.05	5.96	2.27	4.14	124.14	1489.62	2482.70	496.54	2979.24					
										24459.14								

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el balance de masa para residuos orgánicos e inorgánicos podemos determinar la cantidad de residuos que será almacenado en el relleno, para 20 años de vida, en este caso para el año 2038 se tendrá 24459.14 ton de residuos no reaprovechables. Posteriormente para el área requerida se empleará la densidad de los residuos para determinar el VAR (volumen anual de residuos) más el 20% de material de cobertura, así obtendremos el VARD (volumen anual de residuos dispuestos) y para 20 años tendremos el total de residuos que viene a ser el VMU (volumen mínimo útil) el cual definirá que el proyecto de relleno será factible de ser autorizado. Finalmente definiendo la altura en este caso de 3m podremos hallar el área requerida para el relleno y más un 30% para las instalaciones auxiliares.

Obteniendo el área requerida del relleno, determinaremos la capacidad útil de diseño (CUD) para ello utilizaremos las siguientes tablas:

Tabla 15: Cálculo de la capacidad útil de diseño

Parámetro/Formula	Unidad de Medida
Largo superior (Is)	m
Ancho superior (as)	m
Area superior (As) = Is x as	m ²
Altura = h	m
Talud de la trinchera (H)	
Talud de la trinchera (V)	
Largo Inferior (li) = Is - 2 x hH	m
Ancho inferior (ai)= as - 2 x hV	m
Area Inferior (Ai) = li x ai	m ²

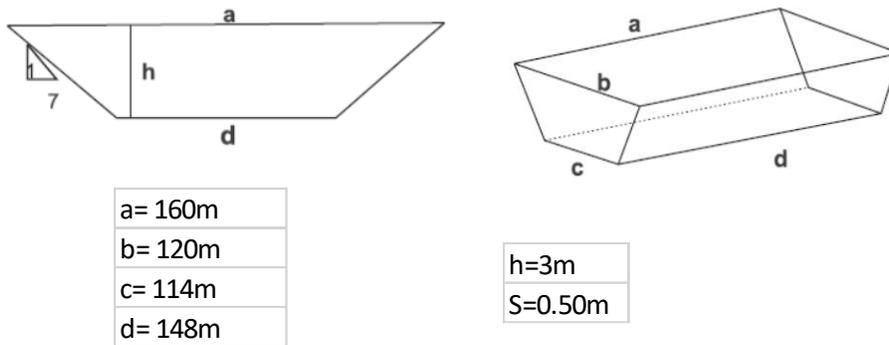
Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. [7]

Tabla 16: Cálculo de la capacidad útil de diseño

Tipo de Material	Talud recomendable S Altura del corte hasta 5m	Observaciones
Arenas limosas y limos compactados	½	K= 10 - 7 cm/s. Descopetar 1:1 la parte superior más intemperizada. Si son materiales fácilmente erosionables, deberá proyectarse talud 1:1
Arenas limosas, limo poco compactado	¼	K= 10 - 7 cm./s. contracuneta impermeable. Descopetar 1,5:1 la parte más intemperizada.
Arenas limosas y limos muy compactados	¼	K= 10 - 7 cm./s. Descopetar la parte superior suelta.
Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas	½	K= 10 - 8 cm./s. Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua, construir subdrenaje.
Arcillas blandas expansivas	1	K= 10 - 8 cm./s

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios mecanizado. [9]

Se dan las medidas de tal manera que cumplan con el VMU (volumen mínimo útil) del relleno así tenemos:



*"En relación con los taludes de residuos sólidos para la conformación de terraplenes se recomienda un talud de 1/2 ó 1/3 (Jaramillo, 2002) [5]".

Determinamos las áreas superiores e inferiores y con la altura calcularemos el volumen total o VUD (volumen útil de diseño) que será mayor o igual al VMU (volumen mínimo útil) del relleno:

As=	19200
Ai=	16872

VUD (Volumen útil de diseño) m3=	54108.00 m3	TRINCHERA
----------------------------------	-------------	-----------

3.9.3.8. Volumen anual de residuos dispuestos

"Con los dos primeros parámetros se tiene el volumen diario y anual de RSM compactados y estabilizados que se requiere disponer [5]", es decir:

$$V_{\text{diario}} = \frac{DC_p}{D_{\text{rsm}}}$$

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

Donde:

Vdiario = Volumen de RSM por disponer en un día (m3/día)

Vanual = Volumen de RSM en un año (m3/año)

DCp = Cantidad de RSM producidos (kg/día)

365 = Equivalente a un año (días)

Drsm = Densidad de los RSM recién compactados (400-500 kg/m³) y del relleno estabilizado (500-600 kg/m³)

$$m. c. = \text{Vannual compactado} \times (0,20 \text{ ó } 0,25)$$

Donde:

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

Tabla 17: Cálculo del volumen anual de residuos dispuestos

Año	TON/AÑO	Residuos compactados(m ³)	Residuos compactados acumulados (m ³)	material de cobertura (m ³)	VARD acumulado (m ³)
2018	888.74	1481.23	1481.23	296.25	1777.48
2019	911.99	1519.98	3001.21	600.24	3601.46
2020	935.85	1559.74	4560.96	912.19	5473.15
2021	960.33	1600.55	6161.51	1232.30	7393.81
2022	985.45	1642.42	7803.92	1560.78	9364.71
2023	1011.23	1685.38	9489.31	1897.86	11387.17
2024	1037.68	1729.47	11218.78	2243.76	13462.53
2025	1064.83	1774.72	12993.49	2598.70	15592.19
2026	1092.69	1821.14	14814.64	2962.93	17777.56
2027	1121.27	1868.78	16683.42	3336.68	20020.10
2028	1150.60	1917.67	18601.09	3720.22	22321.31
2029	1180.70	1967.84	20568.93	4113.79	24682.71
2030	1211.59	2019.32	22588.24	4517.65	27105.89
2031	1243.28	2072.14	24660.38	4932.08	29592.46
2032	1275.81	2126.35	26786.73	5357.35	32144.08
2033	1309.18	2181.97	28968.71	5793.74	34762.45
2034	1343.43	2239.05	31207.76	6241.55	37449.31
2035	1378.58	2297.63	33505.39	6701.08	40206.47
2036	1414.64	2357.73	35863.12	7172.62	43035.75
2037	1451.65	2419.41	38282.53	7656.51	45939.04
2038	1489.62	2482.70	40765.24	8153.05	48918.28

Fuente: Elaboración propia

“Para residuos compactados se ha considerado una disminución del volumen por efectos de compactación de residuos dispuestos hasta alcanzar una densidad promedio de 0,6 ton/m³. Para el material de cobertura en promedio se consideró 25% respecto al volumen de los residuos compactados [8]”.

3.9.3.9 Vida útil

El cálculo de la vida útil se definió comparando el valor del volumen útil de diseño (VUD) con los años hacia los cuales más se aproxima el resultado mediante una regla de tres simple, en este caso se consideró los años 2037 y 2038 de la tabla 17. Posteriormente del valor encontrado se hará una sumatoria con el número de años de vida útil considerado desde un principio y finalmente tendremos la vida útil real del relleno diseñado.

	CUD=	54108.00	m3
AÑO	2035	45939.04	m3
AÑO	2036	48918.28	m3
	N° días	m3	
	365	2979.24	
	X	8168.96	
	X=	1000.814393	
		4.00 años	
	vida útil=	24.00	ok

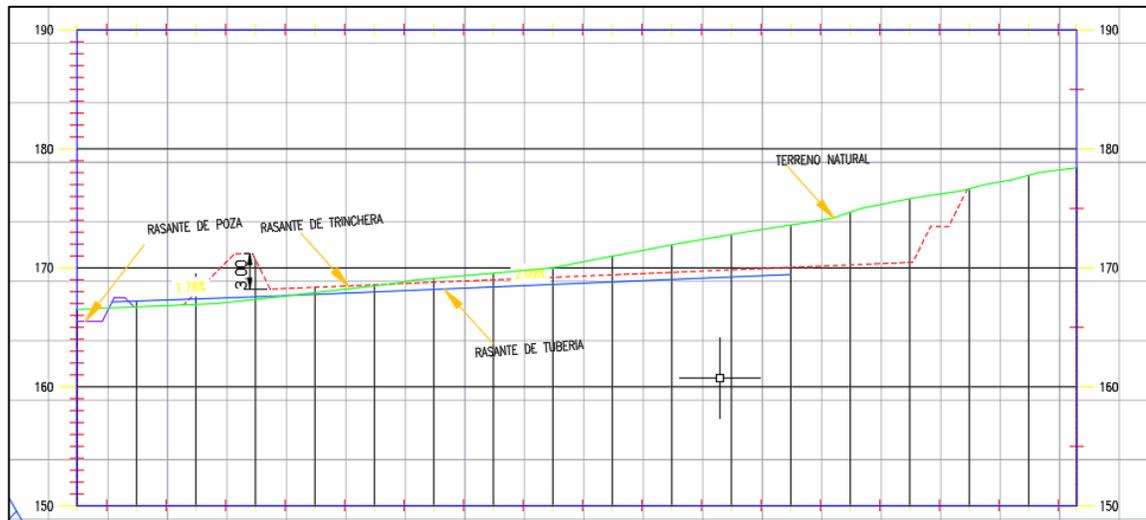
Por lo tanto la vida útil del relleno sanitario será de 24 años.

3.9.4. Diseño de taludes

El terreno donde se construirá el relleno sanitario debe ser un material impermeable como la arcilla y que las alturas de corte para las trincheras sean menores de 5 metros, para este caso se ha considerado 3m de altura. En base de estas recomendaciones no se requieren estudios de estabilidad para definir el talud más apropiado.

El sitio elegido para el Relleno Sanitario cuenta con suelos de arena y limo; el talud 2H: 1V es lo recomendable y que ha sido utilizado en este diseño. **(Ver anexo 11)**

Imagen 9: Perfil de relleno sanitario y diseño de taludes en programa Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

Cabe recalcar que la profundidad del relleno en los cálculos previos fue 3m pero en el diseño mediante el programa civil 3D se fue adaptando a la topografía de terreno con leves pendientes y taludes como se muestra en la figura 9.

3.9.5. Generación de lixiviados

3.9.5.1. Cálculo de la Generación de lixiviados

Para determinar el caudal medio de lixiviado se eligió trabajar con el Método Suizo que recomienda el manual del Minam [7]. Para ello se empleó la precipitación media anual de la tabla 14. Así podremos definir de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 1/t P \times A \times K$$

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviado (l/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m²)

t = Número de segundos en un año (31536000 seg/año)

K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:

- “Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0.4 a 0.7 ton/m³, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% ($K= 0.25$ a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno [7]”.
- “Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 ton/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% ($K= 0.15$ a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno [7]”.

Para el cálculo:

$P=$ 32.4 mm
 $A=$ 19200 m²
 $t=$ 31536000 seg/año
 $K=$ 0.25

Con la fórmula:

$Q=$ 0.004931507 lit/seg

$Q=$ 12.78246575 m³/mes

Este caudal será empleado en el diseño del sistema de drenaje de lixiviados.

3.9.5.2. Diseño del sistema de drenaje de lixiviado

“Se plantea construir un sistema de almacenamiento del lixiviado en forma de espina de pescado al interior del relleno para esto se calculó el volumen de lixiviado y sistema de zanjas para el mismo. De igual forma los drenes deberán tener tuberías perforadas [5]”. (Ver anexo 11)

- **Volumen de lixiviado**

“El volumen se estimó con la siguiente ecuación [5]”:

$$V = Q \times t$$

Donde:

V = Volumen de lixiviado que será almacenado (m^3)

Q = Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (m^3/mes)

t = número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)

Con la fórmula:

$$Q = 12.7824658 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$t = 5 \text{ meses}$$

$$V = 63.91 \text{ m}^3$$

Con el volumen determinado consideraremos las dimensiones de la poza de lixiviados

- **Longitud del sistema de zanjas para el lixiviado**

Según “[5] Las dimensiones de las zanjas se asumirán, de 0.6m de ancho por 1m de profundidad. Por lo tanto la longitud del sistema de zanjas se determinará con la siguiente fórmula”:

$$l = V/a$$

l = Longitud de las zanjas de almacenamiento (m)

V = Volumen de lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia (m^3)

a = Área superficial de la zanja (m^2)

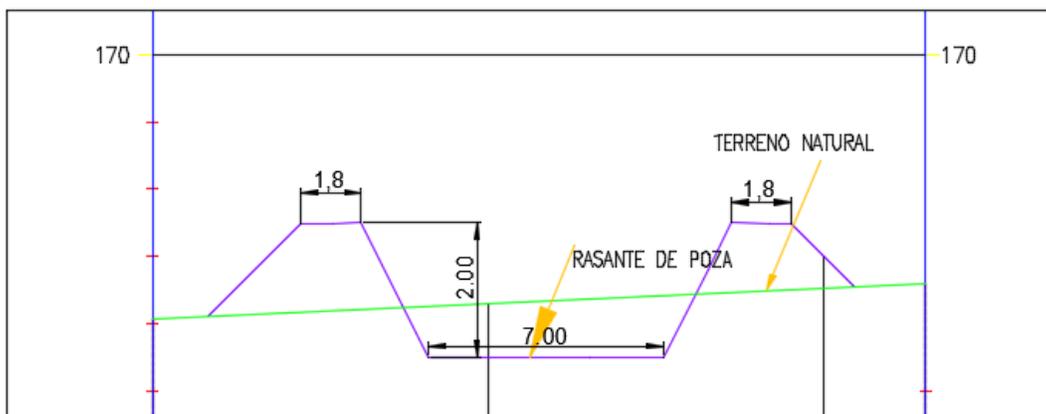
Reemplazando los datos tendremos una longitud de 106.52m. Y se recomienda que la pendiente longitudinal mínima del dren será de 2%.

3.9.6. Diseño de poza de lixiviados

“Los drenes deberán estar conectados a un sistema de almacenamiento o poza de lixiviados, para su respectivo tratamiento mediante la recirculación puesto que es un sistema fácil y económico que permitirá minimizar su poder contaminante. Las aguas serán tratadas con antioxidantes para mantener el pH neutro, para lo cual se utilizará cal, ya que es una de los antioxidantes más económicos que existe en el mercado [10]”.

“La recirculación se realizará con el objetivo de disminuir la cantidad de lixiviados almacenados en la poza a través de la evotranspiración y también para acelerar la descomposición de los residuos sólidos almacenados en el relleno sanitario [10]” (Ver anexo 11)

Imagen 10: Sección transversal de poza de lixiviados en programa Civil 3D



Fuente: propia

El sistema de impermeabilización de la poza de lixiviados será la misma configuración que del relleno sanitario.

3.9.7. Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentía

“Una vez realizado un estudio hidrológico de la precipitación pluvial del lugar, se puede establecer las características de los drenajes perimetrales para el relleno y la poza de lixiviados. Con el fin de minimizar la producción del líquido lixiviado y se evitará la contaminación de las aguas [5]”.

“Las aguas de lluvia que caen sobre las áreas vecinas al relleno o poza de lixiviados se desviarán por medio de un canal perimetral fuera de estas estructuras. Se deberá construir un canal en tierra o suelo-cemento de forma rectangular o cuadrangular y dimensionarlo

teniendo en cuenta las condiciones de precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y la pendiente del terreno [5]”. (**Ver anexo 11**)

“Si por las características del lugar se requiere mayor precisión, se puede calcular el caudal que aporta la cuenca mediante el método racional y las dimensiones del canal según la siguiente fórmula [5]”.

$$Q_p = K_i \times A_d / 3,6 \times 10_6$$

Donde:

Q_p = Caudal que ingresa o máximo escurrimiento [m³/seg]

K = Coeficiente de escurrimiento.

i = Intensidad de la lluvia para una duración igual [mm/hora]

A_d = Área de la cuenca [m²]

t_c = Tiempo de concentración [min]

El canal debe ser trazado por la curva de nivel más alta a la que llegará el borde del relleno sanitario y deberá garantizar una velocidad máxima promedio de 0,5 metros por segundo, que no provoque erosión excesiva; el tamaño de la sección del canal se podrá calcular usando la siguiente ecuación [5]:

$$A = Q_p / v$$

Donde:

A = Área de la sección de la zanja [m²]

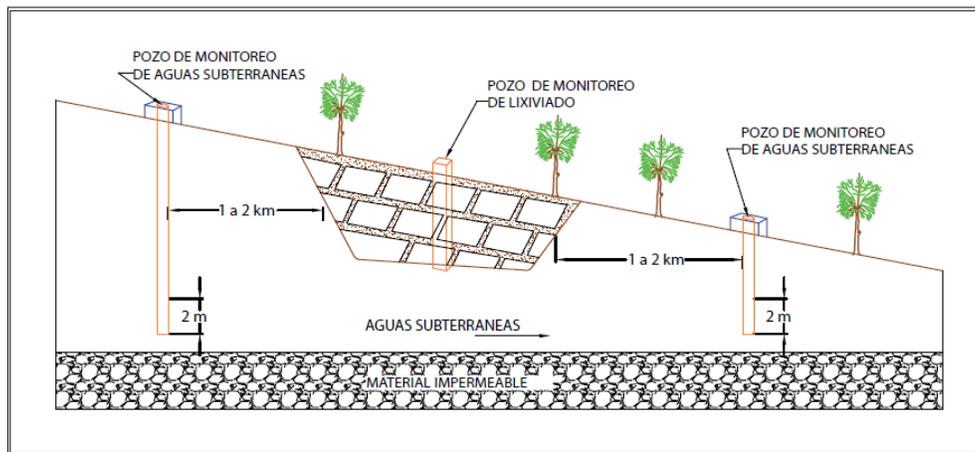
v = Velocidad máxima promedio [m/seg]

Una vez hallada el área de la sección, se deciden las dimensiones, sobre la base de las recomendaciones anteriores.

3.9.8 Localización de los pozos de monitoreo

“Los pozos de monitoreo estarán ubicados como mínimo a unos 10, 20 y 50m del área del relleno y del drenaje exterior del líquido de lixiviados; con unos 3 ó 4 pozos sería suficiente. Para la toma de muestras del agua subterránea, si los mantos freáticos son superficiales (a unos 4 m), estos pozos podrán ser excavados manualmente [7]”. (**Ver anexo 11**)

Imagen 11: Localización de pozos de monitoreo de aguas subterráneas y lixiviado en un relleno sanitario.



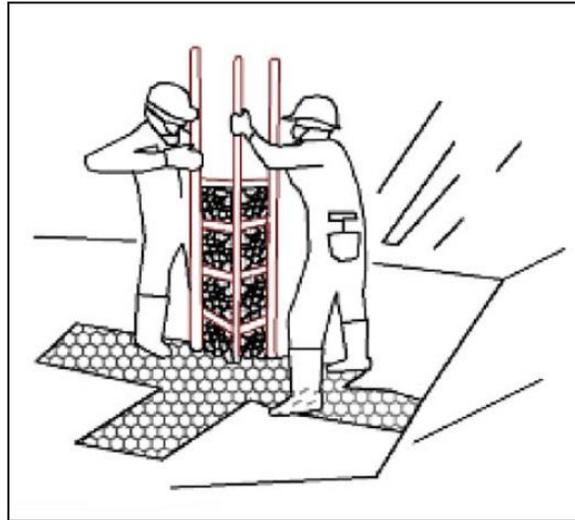
Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Minam

3.9.9 Drenaje de gases

El manual del Minam [7] afirma que para controlar la migración del biogás se debe diseñar un sistema de evacuación vertical. Para la recolección y evacuación de estos gases se utilizarán chimeneas, con las siguientes características:

- “Una Sección cuadrada de 0,30 m por 0,30 m como mínimo, de altura variable en función de la altura de la infraestructura y distribuidas en forma equidistante cada 30 m como máximo [7]”.
- “Los materiales a utilizar serán soportes de material resistente a la corrosión, como malla metálica tipo gallinero y piedras con un tamaño máximo de 0,15 m [7]”.
- “Asimismo, se podrá utilizar tuberías perforadas de 0,15 m de diámetro como mínimo y de material resistente a la acción físico-química de los residuos; La emisión final a la atmósfera debe concluir en un quemador para la combustión del biogás. El accesorio de combustión estará ubicado a una altura mínima de 2,00m por encima del nivel final de la infraestructura. Por ningún motivo se deberá clausurar una chimenea antes de su tratamiento, se deberá proceder a la combustión previa instalación de un quemador por lo menos a 1.5 m sobre la superficie final del relleno [7]”. **(Ver anexo 11)**

Imagen 12: Instalación de chimeneas para drenaje de gases.



Fuente: “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”

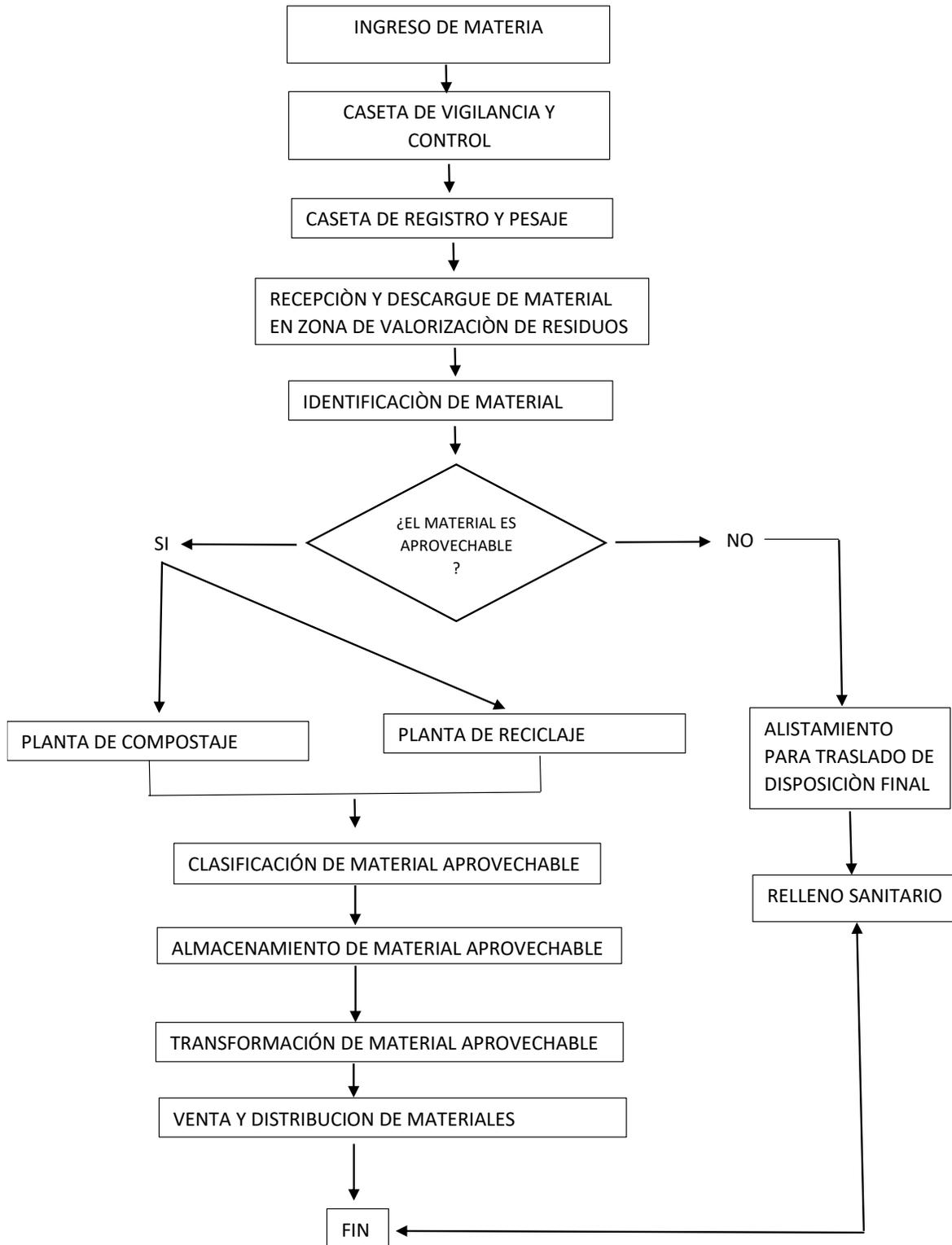
4.0.0. Instalaciones auxiliares

Las instalaciones auxiliares al relleno sanitario están conformados por infraestructuras que permitan un adecuado manejo de residuos sólidos y a la vez contando con todas las seguridades y comodidades para los futuros trabajadores, la información más detallada está plasmada en los anexos del expediente (**ver anexo 11**):

- Una caseta de vigilancia en el ingreso de la infraestructura con un área de 12.95m² que permitirá el control de seguridad de la infraestructura y un cuarto de máquinas con un grupo electrógeno para abastecimiento de energía eléctrica dentro de la planta.
- Control de pesaje, área que contará con una caja de balance y su respectiva caseta de registro y pesaje con un área de 5.29m² que permitirá el control de pesos de residuos sólidos al ingreso de los camiones recolectores.
- Los accesos tienen 7.20m de calzada, será a nivel de afirmado de 20cm de espesor, el cual se realizará una estabilización con cal para el control de polvo.
- El área administrativa general tiene aproximadamente 630m² dentro del cual se encuentra: área de estacionamiento, oficina administrativa, un comedor y cocina, un almacén y depósito y ss.hh,

- El área de plantas de valorización cuenta con aproximadamente 5436m² contará con una planta de compostaje y una planta de reciclaje diseñados con columnas y techo metálico y pedestales de concreto armado.
- Para las instalaciones sanitarias el diseño cuenta con un sistema indirecto-convencional (cisterna-bomba-tanque elevado). Con un potencia de bomba de 2.0HP. Ø Impulsión de 1 1/2" y Ø Succión de 2" y conexión domiciliaria 3/4".
- Como infraestructuras sanitarias para el manejo de aguas servidas o residuales se diseñó sistema de tanque séptico, lechado de secado de lodos y wetlands o humedales artificiales. De tal manera esa agua tratada podrá reutilizarse para las áreas verdes mediante un sistema por goteo.

4.0. Diagrama de flujo del proceso de la planta de tratamiento



IV. RESULTADOS y DISCUSIÓN

Etapa I:

Para el diseño de relleno sanitario se empleó información del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Olmos, realizado por la Municipalidad en el año 2015. La tabla 18 muestra el resultado de la composición física de los residuos sólidos.

En los resultados obtenidos del estudio de caracterización, determinan alternativas que pueden mejorar la gestión integral de los residuos. Los porcentajes de los residuos orgánicos e inorgánicos son significativos por ende existe la necesidad de tratarlos y darles un mejor manejo sostenible. Según el reglamento DL 1278 ART.37 y ART. 105 las municipalidades deben tratar los residuos mediante la valorización con el fin de minimizar las cantidades de residuos y promover la actividad formal de los recicladores.

Los manuales de diseño del MINAM no considera el tema de la valorización, considerando que toda la cantidad de residuos van hacia la disposición final. Por ello se hizo un análisis de las infraestructuras que serán necesarias para que el proyecto sea sostenible con beneficios ambientales, sociales y económicos.

Etapa II:

La zona de estudio se encuentra en el C.P el Porvenir en el distrito de Olmos-Lambayeque. El terreno comprende una topografía con un relieve y formas onduladas, pendiente promedio general de 8% y no presenta floraciones rocosas. El terreno donde se plasmará el proyecto del relleno sanitario cuenta con 10 hectáreas y un perímetro de 1,506.28 ml.

El relleno es manual debido al tamaño de población beneficiada 19956 hab y la cantidad diaria de residuos que produce el distrito, siendo 4.713 t/día. Se utilizó una tasa de crecimiento de 1.6% para determinar la población futura para 20 años.

Se realizó un balance de masa y flujo de destino por año, para una vida útil de 20 años para determinar el volumen mínimo útil del relleno. Las medidas adoptadas fueron de 120m de ancho por 160m de largo con una profundidad de 3 m y taludes de 1:2 ya

que es lo recomendable para un suelo arenoso limoso. Por ende la capacidad del relleno superará los 54000m^3 .

Así mismo se consideró el diseño de una poza de lixiviados donde descargarán los líquidos de lixiviados que se generarán 64 m^3 para un caudal de $13\text{m}^3/\text{mes}$. Los cuáles serán transportados por un sistema de zanjas de 0.6m de ancho por 1m de profundidad. Así mismo se consideró zanjas para el drenaje pluvial en el perímetro del relleno y la poza de lixiviados.

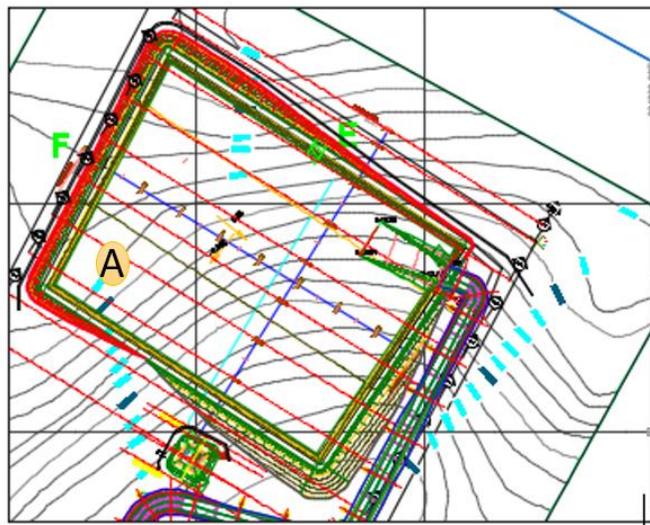
Estas dos infraestructuras serán impermeabilizadas con arcillas con $k= 5.58 * 10^{-7}$ cm/seg y geomembranas HDPE lisa $e=2\text{mm}$ protegida con geotextil no tejido. Para evitar que los lixiviados penetren el suelo y contaminen aguas subterráneas.

Para la valorización de los residuos se diseñó dos plantas compostaje y de reciclaje, mediante naves de cobertura metálica con alturas de 7m para mantener oxigenadas las diferentes áreas, de esa forma el proyecto se beneficiará económicamente produciendo compost y reciclaje formal.

Etapa III:

La distribución arquitectónica comprenderá 4 secciones (A, B, C y D). La imagen 13 muestra la sección a denominada área de relleno sanitario y poza de lixiviados, con un área de 16355.09 m^2 .

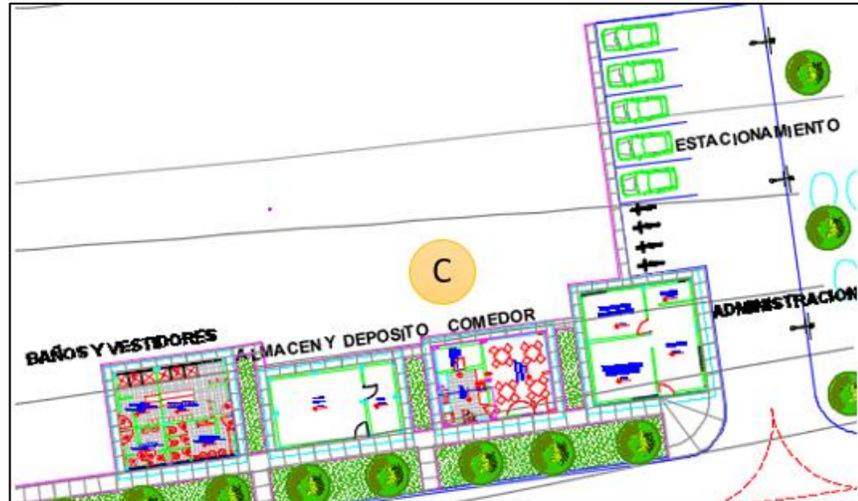
Imagen 13: Sección A. Área de relleno sanitario y poza de lixiviados.



Fuente: propia

A continuación la sección C en la imagen 15, denominada área administrativa con todas las instalaciones auxiliares para dar funcionamiento a toda la planta (ss.hh, oficinas administrativas, almacén, comedor, estacionamiento) con un área aproximada de 630m².

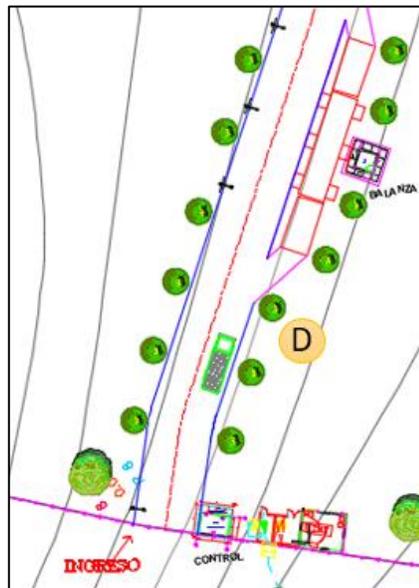
Imagen 15: Sección C. Área administrativa



Fuente: propia

Y finalmente la sección D en la imagen 16, el área de pesaje e ingreso a la planta general con su respectiva caseta de vigilancia y cuarto de máquinas con su grupo electrógeno para el abastecimiento de energía eléctrica.

Imagen 16: Sección D. Área de ingreso, pesaje, caseta de vigilancia y cuarto de máquinas.



Fuente: propia

V. CONCLUSIONES

- El diseño de la infraestructura es un proyecto sostenible y sustentable por que evitará el desarrollo de vectores que generen impactos ambientales en la flora y fauna. Se contempló el diseño de todas las infraestructuras seguras con el fin de cumplir fines medioambientales además La valorización de los residuos ayudará a preservar la limitada materia prima que tenemos en nuestro planeta y conservarla mediante un adecuado manejo sostenible.
- Este proyecto más que un beneficio económico y social, presenta múltiple beneficios ambientales. Por ello si hablamos de análisis de costo beneficio o recuperación de capital quizá no se podría recuperar toda la inversión del valor de la obra en el tiempo esperado. Pero si podríamos tener beneficios económicos para mantenimiento u otras operaciones, así como también el pago a los trabajadores que se plantean sean de la misma zona.
- El beneficio económico, será mediante la comercialización producto de la valorización de los residuos orgánicos y reciclables.
Se realizó una referencia de análisis económico que se podría obtener mediante la valorización de los residuos para verificar la recuperación anual de capital, así tenemos:

Tabla 18: Recuperación anual de capital por valorización de residuos

Tipo de residuo	Costo(s/.)Kg	Tn recuperas/día	Gasto de transporte u otros /anual	Recuperación/día (s/.)	Recuperación/anual (s/.)
Papel	0.8	1.34	15000.00	1072.284	391383.60
Cartón	0.25	0.32		80.041	29214.85
Pet	1.3	0.70		905.187	330393.35
vidrios	0.1	0.61		60.973	22255.04
Metales ferrosos (hojalatas)	0.4	0.61		243.891	89020.16
					847267.00
Tipo de residuo	Costo(s/.) 40kg	Tn recuperas/día	Gasto de transporte u otros /anual	Recuperación/día (s/.)	Recuperación/anual (s/.)
Compostaje	10	2.76	8000	690	243850

Recuperación total de valorización anual= **1091117.00**

Fuente: propia

Los valores de costos identificados en la tabla 18 fueron referenciados por una cotización de la empresa RecyClean, organización Peruana que apoya la preservación del medio ambiente, a través de la comercialización de materiales reciclables.

- El diseño propuesto es un proyecto con desarrollo sustentable y sostenible con beneficios ambientales, sociales y económicos.
- Para el diseño se tomó en cuenta todas las infraestructuras necesarias, medidas y sistemas que traten de conservar y proteger los recursos naturales, desde la impermeabilización del relleno y poza de lixiviados hasta el tratamiento de aguas residuales para reutilizarla para riego de áreas verdes. Todos los procesos serán siempre con enfoque ambiental y sustentable.
- Las dimensiones de las infraestructuras superan las expectativas como un factor de seguridad y para una vida útil larga.

- Toda infraestructura de gestión y manejo de residuos sólidos comprende 4 etapas bien definidas a lo largo de su vida útil; cada una de ellas realizadas en tiempos diferentes refleja el procedimiento desde la habilitación de las diversas infraestructuras, como su operación durante un tiempo determinado y el cierre del área utilizada, estas etapas son las siguientes:

1.- Etapa de Habilitación,

2.- Etapa de Operación

3.- Etapa de Cierre

4.- Etapa de Post Cierre

Para este expediente técnico solo corresponde al desarrollo de la etapa de Habilitación (diseño)

- La etapa de habilitación corresponde a la preparación e implementación de toda la infraestructura necesaria de los componentes que serán utilizados durante la operación. Se inicia desde la selección del área de emplazamiento hasta culminar la construcción y la preparación de la planta de valorización e infraestructura de disposición final (relleno sanitario) según los diseños.

- La habilitación del Relleno Sanitario comprende la construcción y el acondicionamiento de diversas estructuras administrativas que la conforman. Antes de iniciar las actividades, se deben realizar las obras provisionales, que consiste en la construcción de la caseta para guardianía y/o depósito y el cartel de identificación de obra; se incluye la movilización de los equipos, maquinarias y herramientas, y como última actividad, la limpieza de toda el área, una vez concluida la construcción de toda la infraestructura.

- Las estructuras que comprenden el área administrativa que se van a implementar son las siguientes:

Las construcciones complementarias para rellenos sanitarios corresponden a la construcción de una edificación para el Área Administrativa. Para los diseños de estas estructuras se deben tener ciertos criterios técnicos, como también debemos estar acondicionados a los parámetros de clima, suelo, tiempo y accesibilidad entre otros.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el diseño de una planta de transferencia en punto estratégico para facilitar el recojo de los residuos y reducir gastos de transporte hasta la zona del presente proyecto.
- Mejorar la calidad de gestión de residuos sólidos con implementación de programas de educación ambiental para que los pobladores comiencen a segregar sus residuos desde sus hogares y así facilitar en los procesos de tratamiento.
- Se recomienda que la planta cuenten con su propia maquinaria pesada para facilitar los trabajos de compactación en el relleno sanitario.
- Se recomiendan especialistas en producción de compostaje, para una mejor producción en calidad y cantidad.
- Contar con profesionales conocedores del tema, para el manejo de cada área de la planta
- Contar con equipos de transporte propio para comercialización del reciclaje y compostaje.
- Si en caso la poza de lixiviados llegue a tratar de colapsar por aumento de los líquidos en épocas como el fenómeno del niño, se recomiendan el traslado de esas aguas a una planta de tratamiento más cercana a la zona, con el fin de evitar la contaminación de aguas y suelo.
- Se recomienda la actualización de datos del estudio de caracterización de residuos según en el tiempo que se desee ejecutar este proyecto.

VII. LISTA DE REFERENCIAS.

- [1] E. comercio, «El 70% de comunas provinciales no trata los residuos que recoge,» p. 1, 25 Febrero 2016.
- [2] G. R. d. Salud, «Informe intermedio y final de brote de leptospirosis en el distrito de Olmos,» Gobierno Regional Lambayeque, Olmos, 2017.
- [3] M. D. d. Olmos, «Plan local de seguridad ciudadana y convivencia social 2016 Distrito de Olmos,» Comité Distrital de seguridad ciudadana, Olmos, 2016.
- [4] M. D. d. Olmos, «Estudio de selección de área para la infraestructura de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Olmos-Distrito de Olmos – Distrito de Olmos – Prov. Lambayeque- Región Lambayeque,» Municipalidad Distrital de Olmos, Lambayeque, 2015.
- [5] J. Jaramillo, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002.
- [6] E. Röben, «Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales,» Ilustre Municipalidad de Loja, Loja, Ecuador, 2002.
- [7] M. d. Ambiente, «Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual,» Ministerio del Ambiente, Lima, 2008.
- [8] M. D. d. Olmos, «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales octubre - 2015,» Municipalidad Distrital de Olmos, Lambayeque, 2015.
- [9] I. L. S. Alvarado, «Guía de diseño, construcción, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado,» Ministerio del Ambiente, Lima, 2011.
- [10] M. D. d. Olmos, «Plan de Manejo de Residuos Sólidos,» Municipalidad Distrital de Olmos, Olmos, 2016.
- [11] E. Röben, «El Reciclaje,» Municipio de Loja/ DED (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica), Ecuador, 2003.

- [12] A. d. R. d. Cataluña, Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje, Cataluña: Agencia de Residuos de Cataluña (ARC), 2016.
- [13] E. Röben, «Manual de Compostaje Para Municipios,» Ilustre Municipio de Loja, Loja, 2002.
- [14] H. T. S. V. George Tchobanoglous, Gestión Integral de residuos sólidos, California: McGraw Hill, 1994.
- [15] G. Tchobanoglous, H. Theisen y S. A. Vigil, Gestión integral de residuos sólidos, España: McGraw-Hill Interamericana de España, 1994.
- [16] M. d. J. C. Luna, «Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en relleno sanitario,» Universidad de Sucre, Sincelejo, 2008.

VIII. ANEXOS (Expediente técnico)