

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 los residuos sólidos municipales en el distrito de San Ignacio, Cajamarca

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

AUTOR

Warren Hellman Calle Barco

ASESOR

Anibal Teodoro Diaz Orrego

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

Chiclayo, 2023

**Diseño de la infraestructura para el aprovechamiento y disposición
final de los residuos sólidos municipales en el distrito de San Ignacio,
Cajamarca**

PRESENTADA POR
Warren Hellman Calle Barco

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

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Wilson Martín García Vera
PRESIDENTE

Joaquín Hernán Rojas Oblitas
SECRETARIO

Anibal Teodoro Diaz Orrego
VOCAL

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a Dios primeramente quien me brinda la oportunidad para poder realizarme académicamente y es él a quien se lo debo todo, también se lo dedico a mis padres por brindarme la oportunidad, especialmente a mi padre por brindarme todas las facilidades y lo necesario para poder culminar mi carrera y quien siempre creyó en mí. También va dedicada a presente a mi pareja quien estuvo apoyándome en todo momento, de igual modo a mi hija Eliette, quien es mi base para ir superándome.

Agradecimientos

Agradeciendo a Dios y mis familiares por apoyarme sin condiciones en este escalón que permitirá insertarme completamente en mi carrera profesional, también agradezco a mi guía de tesis: Anibal Díaz Orrego, quien con sus enseñanzas y tiempo brindado para poder concluir con el presente. Agradezco a aquellos compañeros y amigos que me brindaron su apoyo también para poder llegar a la meta universitaria.

Informe tesis al 100%

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	14%	9%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	PERU WASTE INNOVATION S.A.C.. "DIA del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para la Zona Urbana del Distrito de Anco Huallo, Provincia de Chincheros, Departamento de Apurímac-IGA0005408", R.D. N° 170-2013/DSB/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1%
4	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Revisión de literatura	12
Antecedentes del problema	12
Marco legal.....	13
Definición de términos básicos	19
Materiales y Métodos	20
Tipo y nivel de investigación	20
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
Procedimientos	21
Resultados y discusión	28
Conclusiones	46
Recomendaciones.....	48
Referencias Bibliográficas.	49
Anexos (Expediente Técnico)	51

Lista de Figuras

Ilustración 1 Método de área diseño relleno sanitario.....	17
Ilustración 2: Método de zanja o trinchera diseño de relleno sanitario.....	17
Ilustración 3: Áreas preseleccionadas	28
Ilustración 4: Esfuerzo cortante y envolvente de falla	34
Ilustración 5: Compostaje en pilas o montones.....	37
Ilustración 6: Sección trapezoidal pila	38
Ilustración 7: Zona para compostaje	39
Ilustración 8: Área para reciclaje	40

Lista de Tablas

Tabla 1: Alternativas de áreas propuestas	29
Tabla 2: Población proyectada diseño a 20 años.....	30
Tabla 3: Coordenadas área para infraestructura	31
Tabla 4: Resultados ensayo triaxial.....	33
Tabla 5: Generación por habitante según tipo de RSM	34
Tabla 6: Área necesaria para el relleno sanitario	35
Tabla 7: Características geométricas y de diseño del acceso interno planteado en el proyecto	36
Tabla 8: Áreas proyectadas y sus dimensiones en planta.....	37
Tabla 9: Dimensiones de la pila	38
Tabla 10: Dimensiones de pozo para lixiviados.....	42
Tabla 11: Cálculo de luz.....	42
Tabla 12: Cuadro cargas infraestructura	43
Tabla 13: Potencia a contratar	43
Tabla 14: Resumen de cálculo de redes de agua	43

Resumen

En la siguiente investigación cuyo principal objetivo es el: DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE SAN IGNACIO, CAJAMARCA, nace como respuesta al problema por la inadecuada gestión integral de los residuos sólidos municipales para el distrito de San Ignacio, y así asegurar la custodia del ambiente, así como garantizar la salud pública; por ello fue necesario establecer los objetivos específicos que se plantean: analizar el estudio de caracterización existente, evaluar la alternativa del área de intervención del proyecto, determinar la población proyectada a beneficiarse con el proyecto, realizar los estudios topográficos, geofísico y geotécnico requeridos, realizar estudios de mecánica de suelos como ensayo triaxial, etc., realizar un análisis de estabilidad de taludes, plantear el diseño del relleno sanitario según su operación, realizar estudio hidrológico, analizar y diseñar las vías de acceso a la infraestructura, diseñar las obras complementarias como instalaciones auxiliares, caseta de control, oficinas administrativas, almacén, área de valorización (área de compostaje y selección de residuos a reciclar), drenaje de lixiviados, poza de lixiviados, etc., diseñar integralmente instalaciones eléctricas, sanitarias, etc., diseñar los planos del proyecto, determinar el presupuesto de obra y su plazo de ejecución, y elaborar el estudio de impacto ambiental, todos estos basados en los parámetros del MINAM. El diseño parte principalmente luego de analizar la caracterización, que brinda los principales parámetros para la valorización de los residuos, tanto orgánicos como inorgánicos, así como para su disposición final. El tipo de relleno a utilizar es un semi mecanizado.

Palabras clave: Infraestructura, disposición final, Residuos sólidos, reaprovechamiento, relleno sanitario.

Abstract

In this project whose main objective is: DESIGN OF THE INFRASTRUCTURE FOR THE USE AND FINAL DISPOSAL OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN THE DISTRICT OF SAN IGNACIO, CAJAMARCA, was born as a solution to the problem of inadequate comprehensive management of municipal solid waste in San Ignacio, to ensure care for the environment, as well as guarantee public health; The following specific objectives were established: analyze the existing characterization study, evaluate the alternative of the project intervention area, determine the projected population to benefit from the project, carry out the required topographic, geophysical and geotechnical studies, carry out soil mechanics studies such as a triaxial test, etc., carry out a slope stability analysis, propose the design of the sanitary landfill according to its operation, carry out a hydrological study, analyze and design the access roads to the infrastructure, design complementary works such as auxiliary facilities, a control, administrative offices, warehouse, recovery area (composting area and selection of waste to be recycled), leachate drainage, leachate pond, etc., fully design electrical and sanitary installations, etc., design project plans, determine the work budget and its execution period, and prepare the environmental impact study, all these based on MINAM parameters. The design starts mainly after analyzing the characterization, which provides the main parameters for the recovery of waste, both organic and inorganic, as well as for its final disposal. The type of filling to be used is a semi-mechanized one.

Keywords: Solid waste, Infrastructure, reuse, final disposal, sanitary landfill.

Introducción

Debido al avance tecnológico y crecimiento poblacional a nivel mundial, también aumentan los desperdicios, restos sólidos generados, esto como consecuencia de necesidades existentes, y la economía gira en torno a la producción más que la reutilización. Según el diario Gestión: se han generado más de 2,000 toneladas de desperdicios, restos, entre otros en el 2016, y al 2050 se superaría los 3,000 toneladas. Aproximadamente más del 10% de residuos municipales durante el año 2016 fueron plástico: 242 millones de toneladas, entonces se puede afirmar que la generación de basura es un problema muy serio, y no se le está dando una solución adecuada. [1]

Se entiende que la problemática mundial de los desperdicios, se ha vuelto más preocupante, y de igual modo la falta de soluciones, tanto así que cada país quiere librarse exportando sus residuos sólidos, por ello, según [1], “más de 5 millones de toneladas de desperdicios se tuvieron que exportar entre enero a noviembre en el 2018, y quienes encabezan esas exportaciones son los estadounidenses, los nipones y los alemanes, con ello, las naciones más afectadas son las asiáticas, quienes ya implementan normas de importación muy estrictas. La solución más usada para gestionar los residuos es incinerarlos y depositarlos en botaderos, que generan un gran impacto ambiental.

Así pues, el 25 de septiembre del 2015, más de 150 dirigentes mundiales se reunieron para adoptar una nueva e interesante Agenda para el Desarrollo Sostenible (Agenda 2030), con un conjunto de 17 metas mundiales llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible, ello debido a que el tema de la basura se constituye como parte de los innumerables problemas ambientales más severos, por ello el objetivo 12, según [2] figura: Asegurar modos de consumo y sostenibilidad moderada, tiene como propósito para inicios de los 30's del presente siglo, mitigar rotundamente la producción de desperdicios, para ello se debe prevenir, reducir, reciclar y reutilizar.

El país tiene la misma problemática, es decir, no está muy alejada de lo que sucede en el mundo, según [3] “Hay una producción de más de 22 mil toneladas de residuos, desperdicios, y un poco más del 14% se vuelve a reutilizar, lo demás se dispone a botaderos, otros son incinerados, y otros se vierten a ríos y mares. Un 85% de los residuos inorgánicos terminan finalmente afectando al medio ambiente, ya sea por contaminación directa, o por los gases tóxicos que produce la combustión de los mismos. Ahora bien, la falta de plantas para reaprovechar y disponer los RSM desencadena que éstos se dispongan en botaderos, por ello, se ha identificado una cantidad de 1585 botaderos informales en todo el país, entre las regiones que más destacan

son Ancash que tiene 149, Cajamarca con 123 y Puno con 111, consecuentemente esas áreas son degradadas y han sido categorizadas a ser recuperables, pero ya no se pueden utilizar para infraestructuras donde se puedan tratar los residuos. [4]

En el distrito de San Ignacio, desde el 2005 se viene aplicando un modelo Integral de Gestión de Residuos Sólidos, en donde su segregación y recojo se cuentan con 3 camiones, 2 de ellos compactadores, además de una camioneta y dos motos furgones; tienen aproximadamente 32 personas trabajando en esta área, 12 a cargo de los vehículos, y 20 trabajadoras que limpian las calles y recogen residuos que no hayan sido depositados adecuadamente. [5]. Actualmente, la urbe cuenta con 14091 moradores, quienes al día generan aproximadamente 7.2 ton/día ($G_{pc} = 0.508 \text{ kg/hab/día}$). Aunque existe concientización ambiental en los ciudadanos y existe segregación de residuos, éstos van a botaderos improvisados que contaminan el suelo y los ecosistemas aledaños, además estos elementos al entrar en contacto con agua por lluvias, entre otros, generan lixiviados que aumentan el daño ambiental. [6].

El botadero existente ha sido identificado como punto crítico por OEFA, quien ha emitido un reporte a la municipalidad, donde le han dado un plazo para recuperar el área dañada existente, por ello se debe buscar un lugar idóneo para la disposición y tratamiento de desperdicios, de lo contrario le aplicarán una multa. En vista de la necesidad de tratar y disponer correctamente los residuos sólidos correspondientes al ámbito municipal y lograr su gestión integral, que garanticen el cuidado del medio ambiente, es necesaria la construcción de una infraestructura para evitar mayor degradación y contaminación ambiental, así como también daños en la salud ciudadana. Entonces, es necesaria construir infraestructuras ambientales que garanticen una economía circular, para el control y gestión integral de los restos sólidos del ámbito municipal, y así disminuir su generación, implementando su valorización, su correcta disposición final, además de la sostener adecuadamente los servicios de limpieza. Por consiguiente, diseñar la infraestructura permitirá valorizar los restos sólidos y aprovecharlos, es decir, brindará ganancias. De igual modo la ejecución del proyecto y el funcionamiento del mismo en las diferentes áreas otorgará puestos de trabajo. Gestionando adecuadamente los residuos, se evitará enfermedades y con ello gastos innecesarios. Además, se quiere evitar las diferentes enfermedades en la población producida porque los residuos sólidos municipales no se disponen adecuadamente, ya que se eliminará el botadero donde son destinados actualmente, con ello se reducirá agentes vectores y zonas de contagio y el estudio servirá como guía para ser aplicados en otros distritos de la provincia y para fines educativos en ingeniería civil y

ambiental, entre otros.

Simultáneamente se desea beneficiar la protección y cuidado del ambiente, porque con el proyecto se reducirá en un gran porcentaje el impacto ambiental en diversos factores: aire, agua y suelos de la localidad producido por la falta de gestión, y no disponer adecuadamente los desperdicios, garantizando así preservar la flora, fauna, asegurando así su manejo sostenible.

Para solucionar la problemática existente, se ha establecido como objetivo principal: Diseñar la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, y como objetivos específicos: analizar el estudio de caracterización existente, evaluar la alternativa del área de intervención del proyecto, determinar la población proyectada a beneficiarse con el proyecto, realizar los estudios topográficos, geofísico y geotécnico requeridos, realizar estudios de mecánica de suelos como ensayo triaxial, etc., realizar un análisis de estabilidad de taludes, plantear el diseño del relleno sanitario según su operación, realizar estudio hidrológico, analizar y diseñar las vías de acceso a la infraestructura, diseñar las obras complementarias como instalaciones auxiliares, caseta de control, oficinas administrativas, almacén, área de valorización (área de compostaje y selección de residuos a reciclar), drenaje de lixiviados, poza de lixiviados, etc., diseñar integralmente instalaciones eléctricas, sanitarias, etc., diseñar los planos del proyecto, determinar el presupuesto de obra y su plazo de ejecución, y elaborar el estudio de impacto ambiental, todos estos basados en la guía del MINAM.

Revisión de literatura

Antecedentes del problema

- **Churate Zárate, René. 2016. “Determinación y dimensionamiento de relleno sanitario para el distrito de Sicuani; Cusco, 2016”. Tesis para optar grado, Universidad Nacional de San Agustín.**

En este proyecto se diseña un relleno sanitario mecanizado porque este obedece a los parámetros reales de la localidad, y servirá para disponer finalmente los residuos sólidos o en el originados en Sicuani - Cusco, proyectado para 25 años de periodo útil, requiriendo un terreno de 17.16 hectáreas, todo ello con el fin de cuidar el medio ambiente. [7]

- **Castro Martínez, José Alexander. 2018: “Diseño de la infraestructura para la disposición final de residuos sólidos municipales para el distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque”. Tesis para optar grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.**

Esta investigación se realizó para diseñar la infraestructura que dispongan finalmente los restos sólidos del ámbito municipal utilizando parámetros reales, que beneficia al distrito de Mórrope, cuya finalidad es preservar y proteger el ambiente como a la población, ya que comprende parte de un plan integral de la gestión de RSU. [8]

- **Gamonal Coronel, Gianela Lizet. 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”.**

En este trabajo se desarrolló el diseño de la infraestructura que pueda garantizar la óptima Gestión Ambiental de residuos, favoreciendo la recolección, transporte y disponer correctamente, para reducir los daños al ambiente que perjudican el aire, agua, suelo, además de mitigar problemas sanitarios por el incorrecto almacenamiento de desperdicios. [9]

- **Núñez Martino, Yesenia de los Milagros. 2017. “Nivel de Satisfacción del manejo de residuos sólidos y su relación en el planeamiento estratégico de la Municipalidad Provincial de San Ignacio, provincia de San Ignacio-Cajamarca”. Tesis para optar grado, Universidad César Vallejo.**

En este proyecto, se determinó el nexo entre el planeamiento estratégico de la MPSI y la satisfacción en el manejo de los residuos sólidos, concluyendo que es algo uniforme, ya que al mejorar los conocimientos de planeamiento estratégico, se incrementa la satisfacción en la manipulación de residuos sólidos; se aplicó un sondeo a los colaboradores para diagnosticar sus conocimientos en planeación estratégica, determinando que poseen un bajo nivel de conocimientos respecto al tema, de igual modo poder determinar el nivel de satisfacción en la manipulación de los residuos sólidos, evidenciando también que presentan un bajo nivel. [5]

- **Irigoin Carranza, Jorge Antonio. 2022: “Diseño de infraestructura para el manejo y disposición final de residuos sólidos para el distrito de Pucalá-Chiclayo-Lambayeque.”.**

En este trabajo se propuso el proyecto: “Infraestructura para el manejo y disposición final de residuos sólidos para el distrito de Pucalá– Chiclayo–Lambayeque”, logrando contribuir en el mejoramiento del estilo del vivir de los pobladores, de igual modo, se reducirá el problema ambiental en el distrito. [10]

Marco legal

“Ley General del Ambiente, Ley N° 28681”.

Según [11] Se establecen lineamientos que aseguren ejercer nuestros derechos a gozar del ambiente óptimo, equilibrado, idóneo para alcanzar la plenitud en la vida, como cumplir de los deberes de contribución a una óptima gestión del ambiente, tanto en los componentes, cuya meta es el mejoramiento del estilo de vida de la ciudadanía, logrando el desarrollo sustentable de la nación. Pues el artículo 119, nos menciona sobre la gestión de residuos sólidos, aclarando que su gestión y manejo es correspondencia de los gobiernos locales.

“Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, Decreto Legislativo N° 1278”.

Nos brinda alcances para disminuir residuos como primera necesidad, además trata la efectividad en la utilización de materiales, y destaca también los desperdicios considerados como recursos mas no como advertencia, es una oportunidad para perfeccionar los servicios y la administración de residuos en todo el país. [12]

“Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972”.

Destaca las funciones y competencias que tienen las municipalidades en salud pública, en municipalidades provinciales como distritales, cuya finalidad es proveer de servicios de limpieza pública, identificando áreas de desperdicios, rellenos sanitarios y modernización a escala industrial de los desechos. [13]

“Ley que regula la actividad de los recicladores, Ley N° 29419”.

Este reglamento tiene por finalidad proteger, capacitar, promover el desarrollo integral de los que se dedican al reciclaje, para promover que obtengan la legalidad, su asociatividad y contribuir en el mejoramiento y adecuada manipulación en el aprovechamiento de restos inorgánicos de la nación. [14]

“Decreto Supremo. N°012-2009-MINAM”

Se promueve la capitalización pública o del sector privado buscando la mejora en diversos programas para recolectar y operar el reciclaje, mejorar los sistemas de recolección como las operatividad del reciclaje y disponer adecuadamente los restos, además del avance de infraestructuras. [15]

Normas

- **“Norma Técnica peruana 900.0.58-2019. Gestión de residuos”. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos”. Perú.**

Se definen los colores que se utilizarán en los depósitos para almacenar los desperdicios, garantizando que se pueda identificar y separar correctamente los residuos. [16]

- **“Norma Técnica Peruana E.050 Suelos y cimentaciones, 2018”. Perú. RNE.**

Aquí se dispone los requerimientos mínimos en la ejecución de EMS, con la finalidad de cimentar correctamente las edificaciones y otros que se indican en ésta. Los EMS son ejecutados para garantizar que las obras sean estables y permanentes, y los recursos sean utilizados moderadamente. [17]

- **“Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado, 2020”. (RNE).**

Según [18] “Aquí se establecen los requerimientos mínimos que permitan analizar, diseñar, y los materiales que se necesitan, además de ello para construir, controlar la calidad y para supervisar estructuras de concreto de todo tipo: armado, simple,

preesforzado. La infraestructura a diseñar necesita estas especificaciones que permitirán cumplir nuestro principal objetivo.

- **“Norma Técnica Peruana EM.010 Instalaciones eléctricas interiores”.** Perú. RNE. Establece todos los parámetros, lineamientos técnicos, indicaciones de seguridad mínimos que deben ser tomados en cuenta para diseñar y construir las instalaciones eléctricas interiores. [19]

- **“Norma Técnica Peruana IS.010 Instalaciones Sanitarias para edificaciones”.** Perú. **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).** Se establece los parámetros técnicos, a ser considerados para diseñar y construir las instalaciones sanitarias en edificaciones. [20]

Guías y manuales

“Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales”.

Ésta facilita las especificaciones para una gestión responsable y adecuada de los residuos sólidos, quiere decir, los lineamientos para diseñar una infraestructura imprescindible en el aprovechamiento y disposición de los mismos, movido por la preservación, salvaguardar el ambiente, y salud. [21]

“Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje: MTC”.

Guía conceptual, metodológica que determinará principales parámetros de estudios hidrológicos e hidráulicos necesarios para diseñar obras de drenaje y caudales que contribuyan al diseño de la infraestructura. [22]

El relleno sanitario

Según [21] implica una infraestructura para disponer los residuos sólidos, se encuentra acondicionada y operada de tal modo que se los pueda disponer sanitaria y ambientalmente seguros. Es un método donde se finiquitan los RSM enterrados en el suelo, utilizando ciertos criterios ingenieriles, donde también se controle emisiones producidas por

lixiviados, y la finalidad de éste es anticipar riesgos en la salud comunitaria, además el desgaste del medio ambiente.

a) Relleno Sanitario Manual:

Su funcionamiento se hace posible mediante herramientas simples, equipos manuales, y su capacidad para operar los residuos no pasa de 6 toneladas; su operación se realiza durante el día.

b) Relleno Sanitario Semi mecanizado:

Su funcionamiento se hace posible mediante herramientas simples, equipos mecánicos, y su capacidad para operar los residuos se encuentra a más de 6 y menos de 50 toneladas.

c) Relleno Sanitario Mecanizado:

Su funcionamiento requiere exclusivamente con maquinaria como cargador frontal, tractor oruga; su capacidad es mayor a las 50 toneladas de residuos. }

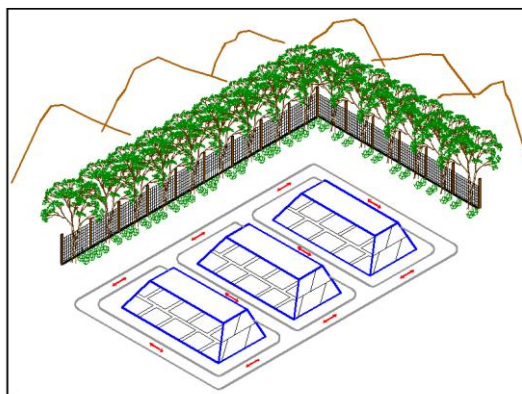
Diseño del relleno sanitario

Según [21], su diseño y su operación dependen prioritariamente de la topografía del área donde se operará el relleno, además se considera la tipología del suelo y el nivel freático

Método de área:

Se usa en terrenos planos o semi planos. Se debe acondicionar el suelo según sus características y permeabilidad, nivelado antes de la disposición de residuos. Se construirá celdas con pendientes bajas en talud y así evitar desprendimientos, deslizamientos y alcanzar una máxima estabilidad según cómo se vaya elevando el relleno hasta la proyección de la altura.

Ilustración 1 Método de área diseño relleno sanitario.

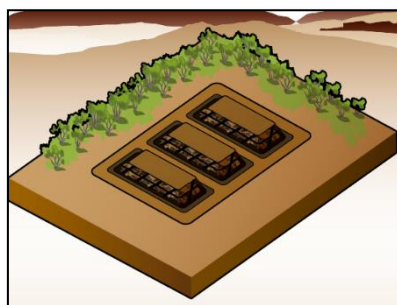


Fuente: Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales.

Método de zanja o trincheras:

Se usa cuando se cuenta con terrenos planos y ondulados, donde se realizará excavaciones de ciertas dimensiones y profundidades que varían según las características de la zona. No se deben utilizar donde el nivel freático se encuentra casi superficialmente, o donde las condiciones del suelo impidan realizar trabajos sin dificultades, como por ejemplo suelos rocosos.

Ilustración 2: Método de zanja o trincheras diseño de relleno sanitario.



Fuente: Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales.

Compostaje y compost

El compostaje es un método muy antiguo, utilizado para la producción de abono. El proceso es lento, donde se acumulaban los residuos domésticos y también las excretas de animales, entre otros residuos orgánicos, pero teniendo la certeza de la buena calidad e higiene del producto final. Resulta de un proceso aerobio de ciertos microorganismos mediante el fermentado, controlando restos orgánicos heterogéneos, quedando disponible en su utilización como fertilizantes. El compost se compone de minerales y humos, que es un

material orgánico homogéneo, sin forma, no produce olor, de color oscuro descomponiéndose en sales minerales, que contienen carbono y nitrógeno, altamente favorables para el suelo. [23]

Hay una variedad de sistemas para compostaje, pero todos tienen como finalidad la optimización de los elementos que forman parte del procedimiento a través de los recursos técnicos diferenciados según su complejidad, en el nivel de controlar el proceso, además que los procedimientos que se usen para conservar sus características aeróbicas requeridas.

Sistemas Abiertos

Desarrollados en la creación de rumbos conteniendo materia orgánica destinados al compostaje. Las dimensiones de las pilas depende de si son de volteo o estáticas, y al distribuirse el material en rumbos individuales o continuos formen mesetas, dependerá del área de la planta y maquinaria disponible.

Pilas con volteo o compostaje en hilera

Económicas y sencillas, cuyos recursos van hacinados al suelo, y el aire que ingresa a la pila se realiza a través de volteos cada cierto tiempo, con maquinaria idónea cada ciertos periodos entre 6-10 días, según la rapidez que requiere el proceso, la humedad en el medio y del material con una maquina idónea. El voltear las pilas mejora la aireación y su porosidad, de esta manera se homogeniza la mezcla, se controla la temperatura y humedad. El material es triturado antes de la formación de hileras, se encriba para obtener partículas de 2.5 a 7.5 cm y una humedad que varía entre 50% a 60%.

Definición de términos básicos

Botadero: Lugar donde se acumulan los residuos, desperdicios, que pueden encontrarse en áreas públicas, pueden ser del ámbito urbano o rural, que por lo general son zonas aisladas, vacías, y producen contaminación, afectando la salud y el ambiente. No están autorizadas sanitariamente. [21]

Diseño: Según [24] “Proyecto, plan que configura algo”. Es la representación mental que luego se plasma en algún formato para mostrar cómo será la obra o proyecto que se desea realizar.

Disposición final: Mecanismos operativos para lograr la disposición en un determinado espacio los residuos sólidos, considerándose como el último manejo de manera estable, de forma segura tanto sanitaria como ambientalmente. [21]

Infraestructura de disposición final: Obra o espacio construido correctamente equipado y que se opera para permitir la disposición adecuada sanitaria como ambientalmente segura de los residuos sólidos. [21]

Reaprovechar: Volver a adquirir una utilidad de un bien, alguna parte de la composición de un residuo. Métodos para reaprovechar son: reciclaje, reúso, reutilización. [16]

Relleno sanitario: [21] Es una infraestructura para disponer los residuos sólidos, se encuentra acondicionada y operada de tal modo que se los pueda disponer sanitaria y ambientalmente seguros.

Residuos sólidos municipales: Según [25] Son todos aquellos provenientes de las actividades diarias de la ciudadanía, ya sea en el ámbito de viviendas como producto de las actividades comerciales, y que compete a las municipalidad su adecuada gestión para garantizar la salud pública, también son denominados residuos sólidos urbanos (RSU) o RSM.

Materiales y Métodos

Tipo y nivel de investigación

Según el diseño corresponde al tipo descriptiva porque se describirán los atributos y características actualizadas en el terreno preseleccionado para el proyecto, utilizando la observación para recolectar los datos.

Ésta investigación es aplicada ya que nace como resultado a una problemática y real, es por ello que necesita una solución exclusiva: infraestructura. Responde al problema de los RSM del distrito de San Ignacio, planteando su diseño específico para solucionarlo.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se emplearán:

- Observación directa: que será posible mediante visitas donde se realizará el proyecto para adquirir la información fundamental para realizar el proyecto.
- Análisis y entendimiento de datos: Adquirida distintas bases teóricas (guías, bibliografía, programas, revistas, libros, etc.)

Instrumentos

Para recolectar los datos se utilizará:

- Instrumentos topográficos.

Planos topográficos.

- Laboratorio de EMS.

Ensayo para granulometría: Tamices, balanzas, horno, cuchillas

Ensayo de humedad: Balanza, horno.

Ensayo de corte directo: Equipos para corte directo

Ensayo de Peso específico: Fiola a base de vidrio, agua destilada.

Ensayo de California Bearing Rario: Molde cilíndrico, balanzas, disco espaciador, balanzas, trípode, espátulas, horno.

- Estudio Hidrológico.

Registro SENAMHI

- Programas de ingeniería.

AutoCad 2D

AutoCAD Civil 3D

SAP2000

Etabs

Microsoft Excel y Word

S10 Costos y Presupuestos

Ms Project

Procedimientos

Estudio de caracterización existente:

Se obtiene de muestreos estadísticos, mediciones, que indican la cuántos RSM se obtienen por vivienda (residuos domésticos), es decir, la generación per cápita (Gpc). Se obtienen calculando el monto diaria de residuos por hogar, cierta cantidad de viviendas y que son pesados. Estos datos permiten posteriormente segregar los residuos según su procedencia: orgánicos, e inorgánicos. El análisis de este estudio se realizará a partir de los datos brindados por la MPSI que actualmente cuenta con dicho estudio realizado en el año 2019, y que se encuentra vigente hasta el 2023.

Área de intervención del proyecto:

Se evaluará el terreno disponible para diseñar el proyecto, según el R.M. 459-2018-MINAM y la guía del MINAM, donde se especifica los lineamientos para considerar un área óptima a utilizar para el relleno sanitario. Antes de elegir el lugar, se debe evaluar las alternativas probables marcando coordinación municipalidad – sector salud. En este caso se cuenta con un área de 10.11 has destinadas cerca al actual botadero y otra de 18.5 has que es óptima para el diseño de la infraestructura. Se evaluará si los terrenos cumplen con los requisitos según la guía del MINAM.

Población proyectada a beneficiarse con el proyecto:

Para determinar la población futura se empleará el porcentaje de crecimiento, población actual en el distrito de San Ignacio; la población proyectada se calculará tomando en consideración una vida útil de 20 años, utilizando los datos estadísticos del INEI y los datos brindados por la MPSI; este cálculo permitirá definir áreas complementarias que aportarán con el adecuado funcionamiento de la infraestructura. Se recomienda utilizar el método matemático, método geométrico.

Estudios topográficos, geofísico y geotécnico:

La topografía se realizará en un terreno de 18.5 has, utilizando equipos como estación total, en la zona que presenta pendientes leves, es decir, el relieve es algo accidentado. Primero se localizará los puntos principales según los datos alcanzados por la MPSI, donde se tiene el terreno y de igual modo sus puntos poligonales, relacionando con puntos georreferenciados por el Instituto Geográfico Nacional (coordenadas topográficas). Finalmente, todos los datos obtenidos serán procesados en AutoCAD 2D y 3D, de tal modo que obtengamos todos los planos topográficos.

Estudios de mecánica de suelos como ensayo triaxial:

Nos permiten saber las propiedades mecánicas del suelo, y la resistencia al flujo que presenta (permeabilidad). Según normativa ASTM D5084-90. El coeficiente de permeabilidad (k) está en función a diferentes factores ya sea densidad, viscosidad agua-suelo, volumen de vacíos, y si se encuentra saturada. Se aplica un esfuerzo, a la muestra de material ensayado axialmente. Típicamente, se obtiene ubicando la muestra entre platos paralelos, así se aplica esfuerzos en dirección generalmente vertical, además se aplica presión de agua a la muestra que permite la aplicación de esfuerzo perpendicularmente. Luego se usa instrumentos que facilitan la aplicación a niveles diferentes de esfuerzo en las 3 direcciones ortogonales.

Análisis de estabilidad de taludes:

Con los datos obtenidos en el ensayo triaxial, se determina la formación del ángulo de resistencia al corte. Con estos parámetros se podrá predecir la estabilidad del talud en el suelo donde se localizará el proyecto, es decir si es estable, o podría colapsar, o si resistirá esfuerzos al corte y se mantendrá en su lugar. Estas pruebas nos predecirán qué tan estable es el suelo y según los resultados, del tipo de suelo.

Diseño del relleno sanitario según su operación:

Según su operación, de relleno semi mecanizado se diseñará por el método de trinchera, debido a que facilita mayores excavaciones y por el relieve del terreno que tiene pendientes de hasta 30%.

Método de zanjas o trinchera

Según [21], se realizará excavaciones de ciertas dimensiones y profundidades que varían según las características de la zona. No se deben utilizar donde el nivel freático se encuentra casi superficialmente, o donde las condiciones del suelo impidan realizar trabajos sin dificultades, como por ejemplo suelos rocosos.

Flujo de destino

Según [8], nos brindó que el 46.61% de los residuos se reaprovechará a través del área de compostaje, el 26.53% se direccionará al área reciclaje, y el 26.86% será destinado al relleno sanitario.

Volumen de residuos sólidos

Gracias a los datos del Volumen anual (obtenido de la Gpc) RSM ya estabilizados y previamente compactados se dispone:

$$V_{diario} = \frac{Cr}{Dc}$$

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

$V_{día}$ = Volumen de residuos al día (m³/día)

$V_{año}$ = Volumen de residuos al año (m³/año)

C_r =Cantidad de residuos (kg/día)

D_c =Densidad de compactación (kg/m³)

Volumen de material de cobertura

$$M_{co} = V_{año} (0.20) \text{ ó } M_c = V_{anual} (0.25)$$

M_c =material de cobertura estimado de 20 a 25% del volumen de desechos recién compactados.

V_{anual} =Volumen de residuos en un año (m³/año)

Volumen de relleno sanitario

A partir de los datos anteriores, podemos calcular el volumen

$$V_{rsa} = V_{anual} + M_{co}$$

V_{rsa} =Volumen de relleno (m³/año)

M_c =Material para cobertura (20 a 25% del volumen de desechos recién compactados)

Área necesaria

$$A_n = \frac{V_{rs}}{h}$$

A_n =Área necesaria

V_{rs} =Volumen de relleno (m³/año)

h =Altura a considerar por método de áreas para relleno sanitario.

Estudio hidrológico.

Este estudio se realizará mediante el método Racional, con la finalidad de conocer el flujo que circula o se encuentra en el área preseleccionada para el proyecto y para realizar canalización, pozo de lixiviados, con el fin de evitar que el agua sea un factor de inestabilidad para el relleno sanitario.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad (mm/hr)

A: Área (Has)

Análisis y diseño de las vías de acceso a la infraestructura.

Actualmente existen dos opciones, cuyas vías para acceder a las áreas con las que cuenta la MPSI; una que corresponde al botadero existente y otra al terreno en Bajo Tomaque. Ambas deben ser analizadas según [21], para ello también se empleará el software Autocad Civil 3 D, que facilitará analizar y diseñar las vías.

Obras complementarias como instalaciones auxiliares, caseta de control, oficinas administrativas, almacén, área de valorización (área de compostaje y selección de residuos a reciclar), drenaje de lixiviados, poza de lixiviados, etc.

Las obras complementarias serán auxiliares, corresponden a una caseta para control de ingreso, oficinas administrativas, zona de selección, zona de valorización, compostaje, auditorio para capacitaciones, según el porcentaje de residuos, todos éstos datos obtenidos de la caracterización brindados por la MEPSI.

Diseño de planta de compostaje

Según [8], en el diseño de la planta para compostaje se realizaron los cálculos:

$$V_{ro} = \frac{Grso}{Dro}$$

V_{ro} = Volumen de residuos orgánicos (m³)

$Grso$ = Generación de residuos orgánicos. (kilogramos/día)

Dro = Densidad de residuos orgánicos. (kilogramos/m³)

$$A_{rd} = \frac{V_{ro}}{Hr}$$

A_{rd} = Área de recepción diaria. (m²)

V_{ro} = Volumen de residuos orgánicos (m³)

Hr = Altura de ruma (m)

$$A_m = L \times a$$

A_m = Área de módulo (m²)

L = Largo de módulo (m)

a = Ancho de módulo (m)

Diseño de la planta de reciclaje

Con ayuda de los parámetros del Volumen de residuos inorgánicos y su densidad se puede plantear el área total para la planta de reciclaje, posteriormente se puede diseñar el módulo según el área disponible para reciclaje.

$$A_r = \frac{V_{ri}}{h_i}$$

A_r = Área de reciclaje (m²)

V_{ri} = Volumen de residuos inorgánicos (m³/día)

h_i = Altura de recepción los residuos inorgánicos (m)

Cantidad de generación de lixiviados.

Con ayuda del método suizo se calculará el volumen a partir de las precipitaciones medias al año y la superficie del relleno.

$$Q = \frac{P \cdot A \cdot K}{t}$$

Q = Caudal medio lixiviados (m³/s)

P = Precipitación media anual (mm/h)

A = Área superficial de relleno (m²)

t = Cantidad segundos en un año

K = Coeficiente grado de compactación RR.SS.

K : 0.25-0.5 Si: Dcom 0.4-0.7 ton/m³

t = 31536000 seg/año

Volumen de lixiviado

$$V_l = Qxt$$

V_l = Volumen de lixiviados (m³)

Q = Caudal medio lixiviados (m³/s)

t = Tiempo (meses)

Diseño integral de instalaciones eléctricas, sanitarias, etc.

Las instalaciones complementarias serán realizadas según el RNE, Norma EM.010 Instalaciones eléctricas interiores y Norma IS. 010 Instalaciones Sanitarias para edificaciones, que nos brindan los criterios básicos de diseño.

Diseño de planos del proyecto.

Los planos se diseñarán utilizando AutoCAD 2D, AutoCAD Civil 3D, luego de obtener los datos de cálculos según los diseños para las diferentes etapas del proyecto.

Presupuesto de obra y su plazo de ejecución.

Para presupuestar la obra se calculará utilizando el programa S10, y su plazo de ejecución utilizando el programa MS Project.

Estudio de Impacto Ambiental.

Es una herramienta ambiental donde se evalúa previamente la infraestructura diseñada, su entorno ambiental y social, donde se predicen los impactos sean positivos y/o negativos del relleno sanitario semi mecanizado, y donde posteriormente se propondrá soluciones para mitigar y/o evitar los daños ambientales. Se rige según el artículo 10 de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). El estudio de Impacto Ambiental se presentará a la autoridad, en este caso se basará en la matriz Leopold, que permitirá analizar cada uno de los impactos durante las fases de diseño, construcción y ejecución del proyecto, según las acciones que intervienen y los factores que son vulnerables (suelo, aire, agua, socioeconómica, calidad de vida).

Resultados y discusión

Estudio de caracterización existente.

La caracterización existente realizada por la MPSI, elaborado en el año 2019 y que sigue siendo vigente, nos brinda todo lo necesario para calcular las zonas (áreas) para compostaje, reciclaje y disponer los RSM. La población considerada es de 13648 habitantes, cuya generación per cápita es 0.508 (kg/hab/día), y una producción total de residuos sólidos 6.93 (Tn/día).

Área de intervención del proyecto.

Se hizo el estudio que permita seleccionar el área donde se va a construir la infraestructura, para ello la MPSI cuenta con 2 posibles áreas preseleccionadas. La propuesta 1 se encuentra en las coordenadas UTM zona 17, Este 724181 y Norte 9431348, a una distancia de 3 km aproximadamente desde la Plazuela Francisco Bolognesi de la ciudad de San Ignacio. La vía está afirmada y se puede acceder en camioneta. La propuesta 2 se encuentra en las coordenadas UTM zona 17, Este 725074 y Norte 9434037, a una distancia de 10.95 km aproximadamente desde el Óvalo del Café de la ciudad de San Ignacio. Esta vía es nacional y se encuentra asfaltada.

Ilustración 3: Áreas preseleccionadas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Alternativas de áreas propuestas

Orden de Mérito	Alternativas propuestas
Primero	Alternativa 2
Segundo	Alternativa 1

Fuente: Elaboración propia.

Población proyectada a beneficiarse con el proyecto.

Para determinar la población futura se empleará el porcentaje de crecimiento, población actual en el distrito de San Ignacio; se ha considerado el total de la población distrital, para un periodo de 20 años, empleando el método geométrico, es decir:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Cuyos datos:

Pf =Población proyectada

Po =37436

r = 0.012

n =28 (Considerando desde el último censo 2015 al 2023 un total de 8 años para un periodo de 20 años)

Tabla 2: Población proyectada diseño a 20 años

POBLACIÓN PROYECTADA	
Año	Población
2020	39,672 Hab
2021	40,135 Hab
2022	40,603 Hab
2023	41,076 Hab
2024	41,556 Hab
2025	42,040 Hab
2026	42,531 Hab
2027	43,027 Hab
2028	43,529 Hab
2029	44,037 Hab
2030	44,551 Hab
2031	45,070 Hab
2032	45,596 Hab
2033	46,128 Hab
2034	46,666 Hab
2035	47,211 Hab
2036	47,761 Hab
2037	48,319 Hab
2038	48,882 Hab
2039	49,453 Hab
2040	50,030 Hab
2041	50,613 Hab
2042	51,204 Hab
2043	51,801 Hab

Fuente: Elaboración propia

Estudios topográficos, geofísico y geotécnico.

El levantamiento topográfico en el terreno ubicado en Bajo Tomaque, se hizo a un área de 98494.72m² (9.8 has), con un perímetro de 1291.28 ml, donde se establecerá la infraestructura y que se encuentra dentro del terreno total de 18.5 hectáreas, con el objetivo de conocer las características del terreno, su ubicación, curvas de nivel, y se determinó también que hay pendientes < 30%, el terreno es plano como también semi ondulado, ideales para la construcción de esta infraestructura. Además, se pudo conocer que no hay presencia de aguas subterráneas a nivel superficial.

Tabla 3: Coordenadas área para infraestructura

Punto	Norte	Este	Cota
1	9434040.1	725087.24	1049.228
2	9434036.8	725096.1	1044.075
3	9434036	725102.2	1039.751
4	9434032.3	725114.5	1035.79
5	9434022.9	725132.1	1029.536
6	9434016.3	725142.84	1026.278
7	9434014.1	725153.81	1024.146
8	9434011.9	725166.56	1021.648
9	9434010	725192.95	1017.27
10	9434010.5	725215.8	1014.788
11	9434006.6	725261.03	1009.064
12	9434008.4	725306.95	996.409
13	9434012.8	725325.93	991.517
14	9434024.7	725363.46	984.369
15	9434042	725412.09	975.696
16	9434038.7	725437.14	970.787
17	9434039.7	725455.78	967.558
18	9434046.7	725477.42	959.976
19	9434058.9	725494.1	947.109
20	9434076.1	725515.23	943.269
21	9434081.5	725528	942.204
22	9434094.3	725537.02	940.053
23	9434111.5	725570.01	934.015
24	9434115.5	725585.33	930.593
25	9434120.5	725605.98	927.705
26	9434123.6	725616.08	925.913
27	9434130.6	725611	924.638
28	9434144.3	725605.27	923.923
29	9434151.4	725599.75	923.424
30	9434158.1	725585.24	923.202

31	9434160.8	725561.19	919.014
32	9434157.6	725552.3	917.248
33	9434161.2	725544.77	916.059
34	9434160.8	725526.58	913.874
35	9434163.8	725520.05	913.188
36	9434165.3	725516.28	911.673
37	9434165.1	725510.85	909.51
38	9434162.1	725501.86	901.56
39	9434163.7	725486.56	904.336
40	9434174.9	725484.26	905.046
41	9434179.7	725476.07	907.124
42	9434191.3	725481.76	904.079
43	9434214.4	725476.96	899.532
44	9434232.5	725460.6	896.176
45	9434256.3	725443.82	899.827
46	9434272.4	725440.76	903.225
47	9434294.5	725426.08	899.853
48	9434321	725412.53	897.569
49	9434352.4	725408.19	892.996
50	9434368.8	725416.34	888.908
51	9434389	725438.47	882.345
52	9434404.8	725420.11	879.148
53	9434181.8	725505.58	865.617
54	9434040.2	725081.92	912.601
55	9434062.4	725054.82	919.693
56	9434107.8	725014.37	923.872
57	9434136.6	724996.94	927.112
58	9434171.7	724987.4	927.696
59	9434193.5	724983.03	930.163
60	9434202.8	725012.45	925.312
61	9434208.7	725040.75	921.206
62	9434213.2	725057.18	918.389

63	9434217.5	725071.06	913.651	83	9434425.4	725206.24	864.604
64	9434220.8	725079.27	912.524	84	9434430.1	725220.56	862.553
65	9434247	725069.26	914.578	85	9434414.6	725231.49	859.195
66	9434281.2	725053.4	915.373	86	9434426.4	725249.39	855.751
67	9434330.2	725029.71	916.473	87	9434417.4	725265.88	853.966
68	9434373.7	725018.87	919.53	88	9434430.4	725272.58	860.542
69	9434394.8	725016.72	916.328	89	9434452.5	725270.76	862.508
70	9434410.9	725018.32	912.726	90	9434467.6	725291.99	863.198
71	9434425.6	725020.81	908.029	91	9434486.2	725309.02	862.584
72	9434431.9	725017.28	908.25	92	9434476.2	725334.16	859.184
73	9434443.7	725015.87	902.173	93	9434453.5	725338.2	852.374
74	9434458.8	725014.37	899.567	94	9434450.9	725347.39	849.549
75	9434455.3	725025.34	897.394	95	9434448.8	725356.81	847.131
76	9434444.9	725034.4	897.659	96	9434459.6	725366.5	847.876
77	9434430.7	725056.98	888.171	97	9434447.4	725397.18	844.103
78	9434432	725072.73	887.111	98	9434448.7	725408.94	843.111
79	9434425.4	725107.31	881.647	99	9434455.2	725422.71	839.95
80	9434437.7	725139.51	875.281	100	9434448.7	725430.01	844.847
81	9434420.4	725154.88	874.632	101	9434431.9	725424.63	856.587
82	9434419.8	725179.38	868.678	102	9434419.4	725412.17	861.643

Fuente: Elaboración propia

Estudio de mecánica de suelos como ensayo triaxial.

Para éstos estudios se realizaron 3 calicatas, principalmente en el área para el relleno sanitario como en donde debe ubicarse las instalaciones auxiliares, como área para selección, reciclaje y compostaje. La profundidad que se trabajó fue de 1.80 a 3.00 m y se empleó una retroexcavadora para garantizar un ancho mayor a 1 m; se realizó estudio granulométrico, corte directo, CBR, peso volumétrico, cloruros y sulfatos, peso específico relativo de sólidos, donde se obtuvo como resultado un suelo arcilloso (CL). El ensayo triaxial se utilizó para determinar la permeabilidad del suelo con el único objetivo de conocer si el material de cobertura se obtiene de la misma área, brindando como resultado

que tenemos presencia de suelos altamente impermeables, lo que indica que podemos utilizarlo para operar el relleno sanitario. (**Ver estudio de suelos**).

Tabla 4: Resultados ensayo triaxial

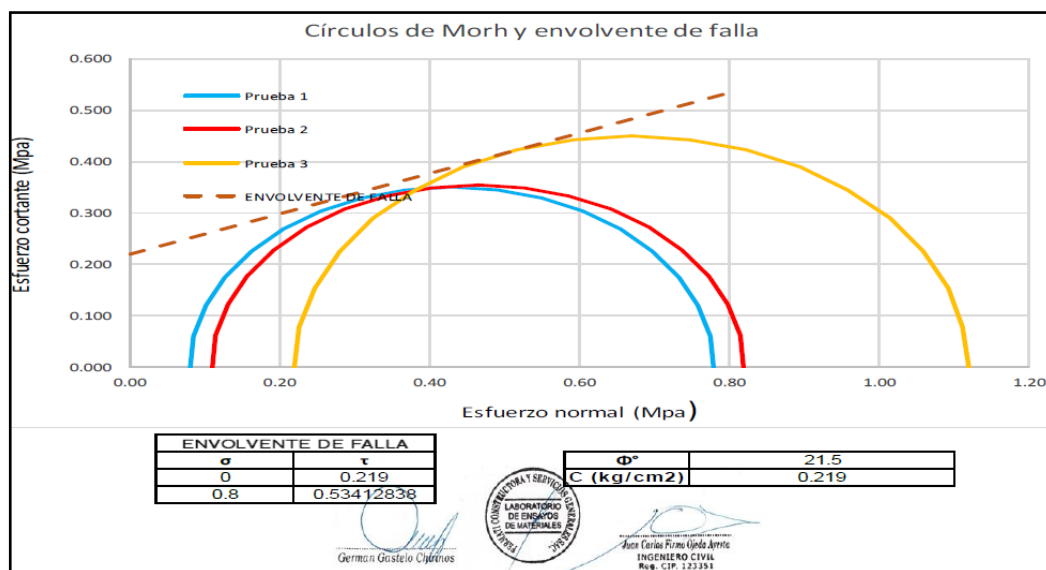
N° DE CALICATA	C-01
PROFUNDIDAD (m)	0.60- 2.20m
Tipo de Suelo	CL
Peso del espécimen húmedo (g)	1009.00
Peso del espécimen seco (g)	985.00
Longitud del espécimen, (cm)	15.00
Diametro del espécimen(cm)	7.31
Contenido de humedad	28.20
Gravedad especifica de sólidos	2.609
Volumen total de espécimen (cm ³)	527.000
Densidad seca inicial(g/cm ³)	1.890
Porosidad	0.315
Volumen de poros(cm ³)	92.500
Coefficiente de permeabilidad corregido(Metodo A y E)	1.09E-08
Coefficiente de permeabilidad corregido(Metodo B y C)	7.68E-06
Coefficiente de permeabilidad corregido(Metodo D)	3.33E-05
Masa de muestra final(g)	976
Volumen de muestra final (cm ³)	498
Densidad seca final(g/cm ³)	2.58

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de estabilidad de taludes.

El ensayo triaxial nos brinda un dato muy importante que es el ángulo de resistencia al corte, de 21.5°, según envolvente de falla, este dato nos permite conocer que el suelo es estable, ya que corresponde a suelo arcilloso, que, en condiciones normales y secas no genera algún problema. Además de ello, se ha ubicado las instalaciones y el relleno sanitario en zonas donde las pendientes son muy bajas, es decir, zonas más planas.

Ilustración 4: Esfuerzo cortante y envolvente de falla



Fuente: Resultado ensayo triaxial

Diseño del relleno sanitario según su operación.

Flujo de destino

Nos brindó lo siguiente: el 46.61% de los residuos se reaprovechará a través del área de compostaje, el 26.53% se direccionará al área para reciclaje, y el 26.86% se va a disponer en el relleno sanitario.

Tabla 5: Generación por habitante según tipo de RSM

Tipo de RSM	Tn/día	%	Gpc (Kg/hab/día)
Orgánicos	13.520	46.61	0.261
Inorgánico reaprovechables	7.718	26.53	0.149
No aprovechables	7.822	26.86	0.151
TOTAL	29.060	100	0.561

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Área necesaria para el relleno sanitario

AÑO	Poblacion (Pob.)	Generacion Percapita (kg./hab./día)	Generacion de Rresiduos solidos Domiciliarios (Ton/día)	Generacion de Rresiduos solidos Domiciliarios (Ton/año)	Volumen de relleno sanitario (m3)	Volumen de material de cobertura (m3)	Área necesaria (m2)
2023	41076.00	0.508	5.60	2045.74	2922.49	3653.11	913.28
2024	41556.00	0.511	5.70	2080.00	2971.42	3714.28	928.57
2025	42040.00	0.513	5.79	2114.74	3021.06	3776.33	944.08
2026	42531.00	0.516	5.89	2150.14	3071.63	3839.53	959.88
2027	43027.00	0.518	5.99	2186.09	3122.98	3903.73	975.93
2028	43529.00	0.521	6.09	2222.65	3175.22	3969.02	992.26
2029	44037.00	0.523	6.19	2259.83	3228.34	4035.42	1008.85
2030	44551.00	0.526	6.29	2297.64	3282.35	4102.93	1025.73
2031	45070.00	0.529	6.40	2336.03	3337.19	4171.48	1042.87
2032	45596.00	0.531	6.51	2375.11	3393.02	4241.27	1060.32
2033	46128.00	0.534	6.62	2414.84	3449.77	4312.21	1078.05
2034	46666.00	0.537	6.73	2455.22	3507.45	4384.32	1096.08
2035	47211.00	0.539	6.84	2496.31	3566.16	4457.70	1114.42
2036	47761.00	0.542	6.95	2538.02	3625.74	4532.18	1133.04
2037	48319.00	0.545	7.07	2580.51	3686.44	4608.05	1152.01
2038	48882.00	0.547	7.19	2623.63	3748.04	4685.05	1171.26
2039	49453.00	0.550	7.31	2667.55	3810.78	4763.48	1190.87
2040	50030.00	0.553	7.43	2712.17	3874.52	4843.15	1210.79
2041	50613.00	0.556	7.55	2757.49	3939.27	4924.09	1231.02
2042	51204.00	0.558	7.68	2803.64	4005.19	5006.49	1251.62
2043	51801.00	0.561	7.81	2850.51	4072.15	5090.19	1272.55
TOTAL			139.64	50967.84	72811.20	91014.01	22753.50

Fuente: Elaboración propia

Estudio hidrológico.

En este estudio se consideró los datos que se obtuvieron de la estación meteorológica de Chirinos, más próxima al área de estudio. (Ver anexo estudio hidrológico)

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q: 4.36 (m3/s)

C: 0.68

I: 234.17 (mm/hr)

A: 9.84 (Has)

Análisis y diseño de las vías de acceso a la infraestructura.

El acceso hasta el área de la infraestructura desde la ciudad de San Ignacio se encuentra asfaltada; para el acceso interior se calculó con vías afirmadas:

Tabla 7: Características geométricas y de diseño del acceso interno planteado en el proyecto

ÍTEM	CARACTERÍSTICA / CRITERIO
Velocidad de diseño	20 km/hora
Pendiente longitudinal máxima	9.76%
N° carriles	2.00
Ancho de carriles	3.00 m
Bermas	Sí
Sección Cunetas	Triangulares
Peralte	4.00%
Radio mínimo	15.00 m
Ancho total de vía	9.00 m
Bombeo transversal de carriles	2.00%
Longitud total de vía	627.60 m
Número de curvas	12.00
Cota inicial	935.00 msnm
Cota final	901.68 msnm
Volumen acumulado de relleno	6,492.20 m ³
Volumen acumulado de corte	4,666.50 m ³

Fuente: Elaboración propia

Obras complementarias como instalaciones auxiliares, caseta de control, oficinas administrativas, almacén, área de valorización (área de compostaje y selección de residuos a reciclar), drenaje de lixiviados, poza de lixiviados, etc.

Cuenta con 9 áreas de distintos usos y funciones, las cuales permitirán que los residuos sean tratados y dispuestos dentro de los criterios ambientales vigentes. Los espacios son los siguientes: a) Caseta de energía, b) área de oficinas, comedor y control, c) área de mantenimiento de colectores, d) área de capacitaciones, e) área de separación de residuos, f) área de reciclaje, g) área de vestidores y herramientas, h) área de maestranza e i) área de compostaje. Estos módulos serán de material noble de concreto armado y coberturas metálicas. Serán amobladas según los requerimientos de cada una, tendrán puertas, ventanas, acabados de cerámica, pintura en paredes y techos, veredas, etc.

Tabla 8: Áreas proyectadas y sus dimensiones en planta

TIPO DE ÁREA	DIMENSIÓN			ÁREA
	LARGO	ANCHO	ALTO	
Oficina, comedor, caseta y baños	21.20 m	7.30 m	3.00 m	154.76 m ²
Caseta de electricidad	3.00 m	3.00 m	3.00 m	9.00 m ²
Garage y mantenimiento colector	8.60 m	8.20 m	5.00 m	70.52 m ²
Auditorio capacitaciones	14.00 m	9.00 m	3.00 m	126.00 m ²
Vestidores y almacén de herramientas	12.00 m	10.00 m	3.00 m	120.00 m ²
Maestranza	20.00 m	13.00 m	5.00 m	260.00 m ²
Separación de residuos	25.00 m	20.00 m	5.00 m	500.00 m ²
Reciclaje	24.00 m	14.00 m	5.00 m	336.00 m ²
Planta de compostaje	60.00 m	25.00 m	5.00 m	4500.00 m ²
ÁREA TOTAL				6076.28 m²

Fuente: Elaboración propia

Diseño de planta de compostaje

Para el compostaje se tiene en consideración el flujo para residuos orgánicos que corresponde a una generación diaria de 13.520 ton/día; el tiempo mínimo para este proceso es de 90 días, esto implica que la generación de RSM se acumularía un total de 1216.8 ton. Se ha considerado una densidad de compactación de 0.5 ton/m³.

$$V_{ro} = \frac{Gr_{so}}{D_{ro}}$$

$$V_{ro} = 2433.6 \text{ (m}^3\text{)}$$

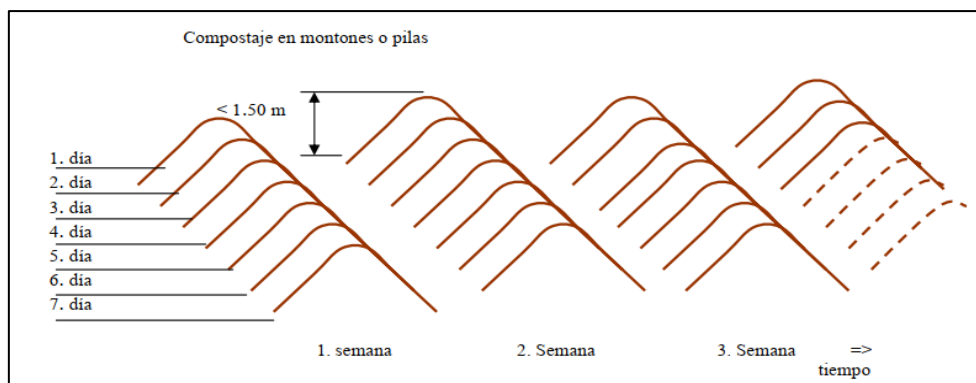
$$Gr_{so} = 1216.8 \text{ ton}$$

$$D_{ro} = 0.5 \text{ (ton/m}^3\text{)}$$

Para el área total y con fines de ubicación adecuada de las estructuras de compostaje, se ha dividido el volumen total en 3 partes iguales, dando como resultado 811.2 m³.

Además de ello, se realizará el diseño del área total por pilas

Ilustración 5: Compostaje en pilas o montones



Fuente: Elaboración propia

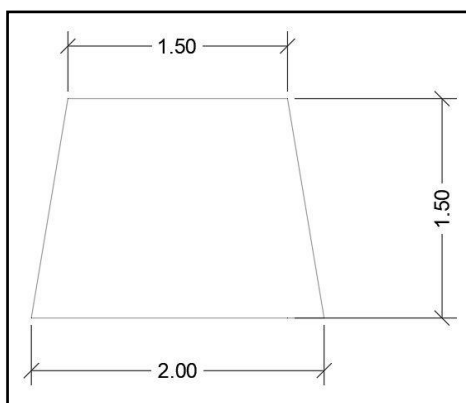
Las pilas serán de volumen trapezoidal, cuyas dimensiones son:

Tabla 9: Dimensiones de la pila

Dimensiones de la pila	
Altura=	1.50 m
Base inferior=	2.00 m
Base superior =	1.50 m
Largo=	18.00 m

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Sección trapezoidal pila



Fuente: Elaboración propia

Adicional a las pilas, se ha considerado áreas de circulación para el adecuado funcionamiento para el compostaje, donde como resultado final tendremos por cada área, una longitud de 1500 m², de la siguiente manera

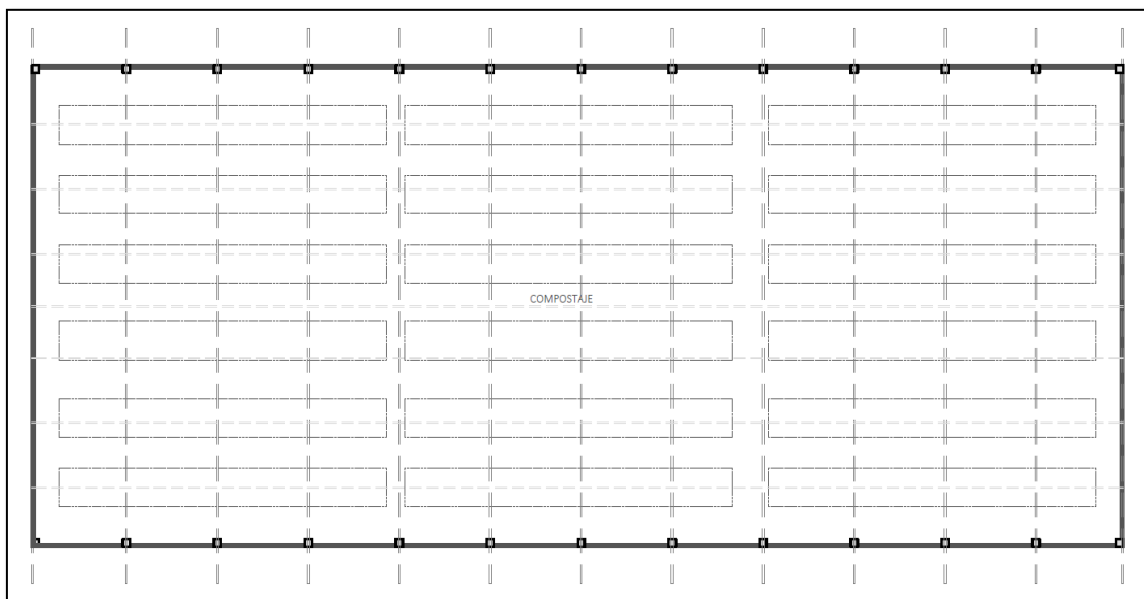
$$A_m = L \times a$$

$$A_m = 1500 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$L = 60 \text{ (m)}$$

$$a = 25 \text{ (m)}$$

Ilustración 7: Zona para compostaje



Fuente: Elaboración propia

Diseño planta de reciclaje

Para poder realizar la valorización respecto al reciclaje, teniendo en consideración el flujo para residuos inorgánicos reaprovechables, que corresponde a una generación diaria de 7.718 ton/día; considerando un tiempo de 2 días, la generación de éstos residuos se acumularía un total de 15.436 ton. Éstos residuos tienen una densidad de 0.188 toneladas/m³, resultando la cantidad de residuos inorgánicos de 82 m³; también se considera una altura de recepción de residuos inorgánicos de 1.50 m.

$$A_r = \frac{V_{ri}}{h_i}$$

$$A_r = 54.66 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_{ri} = 82 \text{ (m}^3\text{/día)}$$

$$h_i = 1.5 \text{ (m)}$$

Para la zona de almacén dentro de la planta de reciclaje, se considera un factor de reducción ya que se contará con una máquina que ayude a compactar y empaquetar los residuos llegando a un total del 80% del volumen inicial, se tendría un volumen de residuos inorgánicos de 65.6 m³; también se considera una altura de recepción de residuos inorgánicos de 1.80 m.

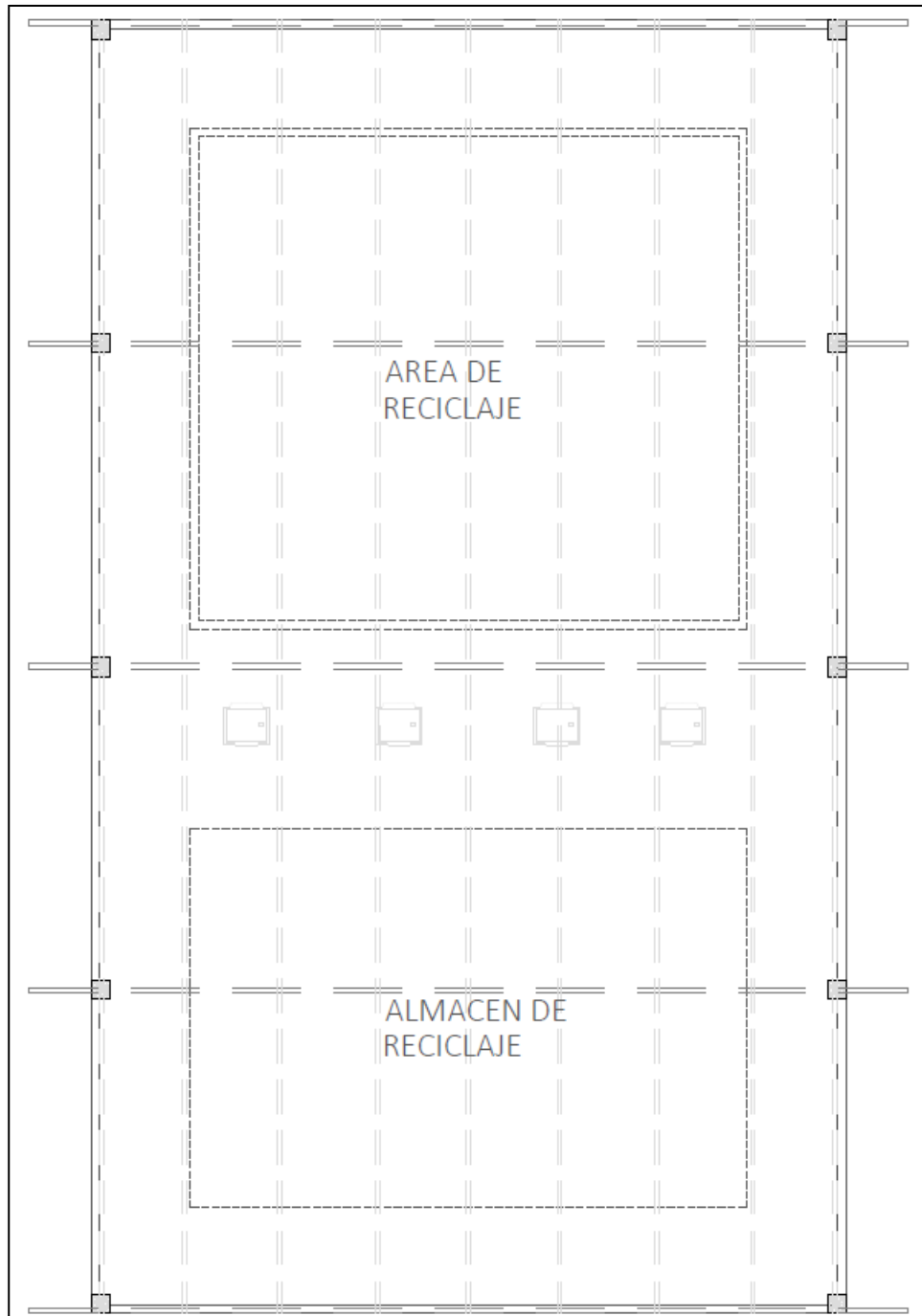
$$Ar = \frac{V_{ri}}{h_i}$$

$$A_r = 36.44 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_{ri} = 65.6 \text{ (m}^3\text{/día)}$$

$$h_i = 1.8 \text{ (m)}$$

Ilustración 8: Área para reciclaje



Fuente: Elaboración propia

Cantidad de generación de lixiviados

Con ayuda de la metodología suiza se calculará el volumen a partir de las precipitaciones medias al año y la superficie del relleno.

$$Q = \frac{P.A.K}{t}$$

$$Q = 0.022 \text{ (l/s)}$$

$$P = 118.5 \text{ (mm/año)}$$

$$A = 23100.0 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$t = 31536000 \text{ (s/año)}$$

$$K = 0.25$$

$$Q = 1.87 \text{ (m}^3\text{/día)}$$

$$Q = 56.25 \text{ (m}^3\text{/mes)}$$

Volumen de lixiviado

$$V_l = Qxt$$

$$V_l = 112.50 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$Q = 56.25 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$t = 2 \text{ (meses)}$$

Longitud de zanjas:

$$\text{Prof. mín} = 0.60$$

$$\text{Ancho} = 1.00$$

$$L = 112.50 / (0.6 \times 1)$$

$$L = 187.50 \text{ m}$$

Dimensiones de pozo para lixiviados

$$Q = 684.34 \text{ (m}^3\text{/año)}$$

$$N^\circ \text{ pozas} = 2.00$$

$$V = 342.17 \text{ m}^3$$

Tabla 10: Dimensiones de pozo para lixiviados

Dimensiones:	
h =	1.50 m
bor. Libre =	0.50 m
H =	2.00
V =	1.00
Ancho de fondo =	10.00 m
Largo de fondo =	10.00 m
Área de fondo =	100 m ²
Ancho superf =	16.00 m
Largo superf. =	16.00 m
Área superf. =	256 m ²
V. útil =	267.00 m ³

Fuente: Elaboración propia

Diseño integral de instalaciones eléctricas, sanitarias, etc.

Instalaciones eléctricas

Para eléctricas se realizó el análisis de las áreas donde es necesario contar con energía eléctrica y se consideró en todas salvo el relleno sanitario. La energía requerida en toda la estructura es 61 KW, lo que indica la necesidad de contar con media tensión debido a que la energía hasta el punto más alejado es demasiado alta; se solicitará un punto de media tensión con 10 kV y se dispondrá de un transformador en la sala de eléctricas.

Tabla 11: Cálculo de luz

RESUMEN CÁLCULO DE LUZ		
TIPO	LUMINARIA	N°
Oficina, comedor, caseta y baños	HERMÉTICO LED 48W	14.00
Caseta de electricidad	HERMÉTICO LED 48W	1.00
Garaje y mantenimiento del colector	HERMÉTICO LED 48W	6.00
Auditorio capacitaciones	HERMÉTICO LED 48W	9.00
Vestidores y almacén de herramientas	HERMÉTICO LED 48W	8.00
Maestranza	HERMÉTICO LED 48W	12.00
Separación de residuos	HIGH WATTAGE E40 80W	12.00
Reciclaje	HIGH WATTAGE E40 80W	9.00
Planta de compostaje	HIGH WATTAGE E40 120W	45.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Cuadro cargas infraestructura

CUADRO DE CARGAS - PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES			
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (W)	FORMATO DE DEMANDA (F.D)	MÁXIMA DEMANDA (W)
a) Cargas generales			18687
Oficina, comedor, caseta y baños	672	100%	672
Caseta de electricidad	48	100%	48
Garaje y mantenimiento del colector	288	100%	288
Auditorio capacitaciones	432	100%	432
Vestidores y almacén de herramientas	384	100%	384
Maestranza	576	100%	576
Separación de residuos	960	100%	960
Reciclaje	720	100%	720
Planta de compostaje	5400	100%	5400
Tomacorrientes	9207	100%	9207
b) Cargas especiales			56946
1 AIRE ACONDICIONADO	6000	100%	6000
1 ELECTROBOMBA	746	100%	746
37 ILUMINACIÓN EXTERIOR	22200	100%	22200
1 TRITURADORA	22000	100%	22000
4 COMPACTADORA DE RESIDUOS	6000	100%	6000
TOTAL	56946		75633

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Potencia a contratar

MAXIMA DEMANDA (W)	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	POTENCIA A CONTRATAR (KW)
75633	0.8	61

Fuente: Elaboración propia

Instalaciones sanitarias

Se consideró para abastecimiento de agua realizarlo mediante tanques cisterna, debido a que en la zona no se cuenta con redes de agua.

Tabla 14: Resumen de cálculo de redes de agua

Para la Cistena:	Para tanque elevado:
Volumen= 5733 l	Volumen= 2500 l
Material= Concreto	Diámetro= 1.55 m
Ancho= 1.55 m	Altura= 1.60 m
Largo= 2.25 m	
Altura= 2.15 m	

Para tuberías de conexión de agua:	Para la bomba:
∅ Conex. Dom= 0.75 pulg	Qb= 2.83 l/s
∅ Rebose= 2.50 pulg	ADT= 17.83 m
∅ Impulsión= 1.50 pulg	Eficiencia= 60%
∅ Succión= 2.00 pulg	Potencia= 2.00 HP

Fuente: Elaboración propia

Diseño de planos del proyecto.

Los planos se diseñaron por cada una de las áreas y para detallar y especificar los criterios tomados en cuenta. **(Revisar anexo de planos)**

Presupuesto de obra y su plazo de ejecución.

Para presupuestar la obra se calculó utilizando el programa S10 determinando así un monto de s/16,220,330.85 y su plazo de ejecución utilizando el programa MS Project haciendo un total de 16 meses calendario.

Estudio de Impacto Ambiental.

Se realizó el informe de la Evaluación de impacto ambiental donde se definieron aspectos básicos para la adecuada ejecución del mismo. Se repasaron lo antecedentes del proyecto, las áreas de impacto directo e indirecto. Se describieron las especificaciones del proyecto, se establecieron las líneas bases física, biológica y socioeconómica. Se plantearon acciones de participación ciudadana, así como el desarrollo del plan de manejo ambiental con todos sus sub programas, donde se plantean acciones de mitigación ambiental de diferentes índoles. Se analizó también si se deberá hacer alguna compensación ambiental. Para la identificación y evaluación se utilizan la matriz de Leopold la cual fue calificada por cada acción y cada componente ambiental con sus respectivos valores de magnitud e importancia.

Discusión.

Se va a denominar a las tesis antes mencionadas como (1), (2), (3), (4) y (5), en el orden presentado para poder discrepar entre esos trabajos y el realizado en la presente:

- Las tesis (2), (3), y (5), presentan topografía con menor pendiente, para ello han empleado el método del área, a diferencia del relleno a utilizar en la ciudad de San Ignacio, que presenta pendientes entre 10 al 25 %, lo que indicaría que se emplearía por el método de trinchera, para poder aprovechar adecuadamente el terreno, lo que produciría mayor modificación del suelo existente.
- En la tesis (1) se ha proyectado el relleno para un periodo de 25 años, lo cuál le brindaría tiempo para seguir utilizando esta forma de disposición de residuos sólidos a través del relleno sanitario, que se conoce es un método que produce mucho impacto negativo en el ambiente, pero es la metodología con la que se cuenta actualmente para el tratamiento de RSM, a diferencia del planteado en este proyecto que solo es para 20 años; para ello se aconsejaría manejar periodos de entre 10 a 20 años máximo porque podría surgir nuevas tecnologías menos contaminantes para el medio ambiente.
- En las tesis (1), (2), (3) y (5), se cuenta con suelo granular, arenoso, que no cuenta con mucha capacidad impermeable, por ello deberían buscar material en otros lugares, a diferencia del suelo altamente impermeable arcillo arenoso que presenta el terreno en Bajo Tomaque de San Ignacio, que demandaría menores costos de transporte; por ello se debería buscar áreas con estas condiciones.

Conclusiones

- El estudio de caracterización nos brindó una Gpc de residuos equivalente a 0.508 kg/hab/día, además indica que el 46.61% es residuos orgánicos, también el 26.53% a corresponde a inorgánicos para reciclar y el 26.86% son no aprovechables y que irán al relleno sanitario.
- El área más idónea que se elegirá es la alternativa 2, ya que cuenta con mayor puntaje y es considerada de primera debido a que obtuvo un total de 500 puntos.
- El periodo considerado es de 20 años, para ello al año 2043 se tiene una población proyectada a beneficiarse con el proyecto de 51801 habitantes.
- Se efectuó un levantamiento de la topografía corresponden a un terreno de 98494.72 m² (9.8 has), con un perímetro de 1291.28 ml, el terreno tiene pendientes que no superan el 30%, no existen aguas subterráneas cercanas al nivel superficial del terreno y éste es semi ondulado y plano.
- Los EMS brindaron como resultado que el suelo es arcilloso (CL), y su capacidad portante es 0.92 kg/cm², además el ensayo triaxial determinó que el suelo es altamente impermeable, lo que indica que podemos utilizarlo para la operación del relleno sanitario.
- El ángulo de resistencia al corte es de 21.5, por lo tanto es estable, las áreas y el relleno sanitario fueron ubicadas en zonas donde las pendientes son muy bajas.
- Se diseñó el relleno sanitario utilizando el método que utiliza trinchera, cuyas dimensiones son de 220 m x 105 m, es decir tiene una extensión de 23100 m² (2.31 hectáreas.).
- Para el estudio hidrológico se consideró los datos que se obtuvieron de la estación meteorológica de Chirinos, más próxima al área de estudio, con una intensidad de precipitación de 234.17 mm/hr, un área de 9.84 has, obteniendo así un caudal 4.36 m³/s.
- Las vías de acceso interiores se diseñaron con afirmado de un espesor de 20 cm, doble carril cada uno de 3 m, cunetas en ambos lados de 0.5 m, y berma a cada lado de 1 m, haciendo un total de 9 m.
- En obras complementarias se proyectaron 9 áreas de distintos usos y funciones: a) Caseta de energía, b) área de oficinas, comedor y control, c) área de mantenimiento de colectores, d) área de capacitaciones, e) área de separación de residuos, f) área de reciclaje, g) área de vestidores y herramientas, h) área de maestranza e i) área de compostaje.
- En instalaciones eléctricas se requiere de 61 KW para el adecuado funcionamiento, para ello se debe contar con media tensión con 10 kV, se dispondrá de un transformador en la sala de eléctricas. En instalaciones sanitarias se abastecerá de agua utilizando tanques

cisternas, para un tanque elevado de 2500 litros, cisterna de 5733 litros, se requiere una potencia de bombeo de 2.00 HP, diámetros de tuberías desde 1/2" a 1 1/2" pulg.

- Se realizó el diseño de los planos del proyecto que facilitarán el proceso constructivo.
- El presupuesto total de la infraestructura asciende a un total de s/ 16,283,679.61 y el plazo de ejecución de 16 meses.
- El componente ambiental más frágil es la emisión de gases en el factor ambiental aire, seguido del componente agua potable del factor ambiental agua. La calidad del suelo se ve bastante afectada por las acciones que incluyen concreto y tuberías de PVC ya que son impactos irreversibles. Se genera un impacto positivo en la generación de empleo en el facto social y económico. La acción más perjudicial, a lo largo del desarrollo del proyecto, es la excavación masiva de las plataformas. En segundo lugar, la limpieza del terreno natural debido la cantidad de flora que se tendrá que retirar, acción que demandan de impactos importantes en casi la totalidad de los componentes. La compactación, nivelaciones o apisonas también conforman parte de las acciones con valores altos de impacto. Se han considerado 166 acciones a analizar sobre 8 factores ambientales, dentro de los cuales hay 20 componentes ambientales.

Recomendaciones

- Se recomienda actualizar el estudio de caracterización mínimo cada 3 años para determinar con exactitud el tipo de residuos a disponer y su posterior aprovechamiento.
- Se debe considerar la variación que generó la pandemia del Covid-19 en cuanto a cantidad de residuos sólidos domiciliarios generados.
- Antes de adquirir un terreno para construir la planta para tratar los RSM debería realizarse un estudio de selección de área.
- Se recomienda capacitar y concientizar a la población de manera constante para realizar una óptima segregación en la fuente y así facilitar la operación de la planta.
- Se recomienda implementación y mejora de limpieza pública, es decir, debe considerarse maquinaria propia para el funcionamiento adecuado de la planta, así como la mejora en el servicio del barrido con su respectivo equipamiento para contenedores en lugares públicos.
- Se recomienda especialistas para la operación de la planta y capacitaciones constantes al personal laboral

Referencias Bibliográficas.

- [1] A. K. y. A. Raghuram, «Gestión,» 2019. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/mundo/problema-mundial-basura-acaba-volverse-alarmando-272990-noticia/>. [Último acceso: 22 Abril 2021].
- [2] M. d. Ambiente, *Objetivos de desarrollo sostenible e indicadores*, Lima: GRAFICA 39 S. A. C., 2016.
- [3] tvpeNoticias, «tvpeNoticias,» 28 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/problemativa-de-los-residuos-solidos-en-peru>. [Último acceso: 23 Mayo 2021].
- [4] OEFA, «Oefa,» 19 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.oefa.gob.pe/oefa-identifica-1585-botaderos-informales-nivel-nacional/ocac07/>. [Último acceso: 23 Mayo 2021].
- [5] Y. Núñez, «Nivel de Satisfacción del anejo de residuos sólidos y su relación en el planeamiento estratégico de la Municipalidad Provincial de San Ignacio, provincia de San Ignacio-Cajamarca,» Tesis de grado, Universidad César Vallejo, 2017.
- [6] M. P. d. S. I. Gerencia de Servicios Públicos, «Estudio de caracterización de Residuos Sólidos Municipales,» San Ignacio, 2019.
- [7] R. Churate, «Determinación y dimensionamiento de relleno sanitario para el distrito de Sicuani; Cusco, 2016.,» Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín, 2016.
- [8] C. M. José Alexander, «Diseño de la infraestructura para la disposición final de residuos sólidos municipales para el distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque.,» Tesis de grado, Mórrope, 2018.
- [9] G. L. Gamonal Coronel, «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.,» Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2020.
- [10] J. A. Irrigoin Carranza, «Diseño de infraestructura para el manejo y disposición final de residuos,» Chiclayo, 2022.
- [11] *Ley N° 28681, Ley General del Ambiente,*
- [12] *Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos.*

- [13] *Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.*
- [14] *Ley N° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores.*
- [15] *Decreto Supremo N°012-2009-MINAM: Política Nacional del Ambiente..*
- [16] *NTP-9000.058-2019. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos., 2019.*
- [17] *Norma Técnica Peruana (NTP) E.050 Suelos y cimentaciones.*
- [18] *Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado, Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).*
- [19] *Norma Técnica Peruana EM.010 Instalaciones eléctricas interiores. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)..*
- [20] *Norma Técnica Peruana IS.010 Instalaciones Sanitarias para edificaciones. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).*
- [21] MINAM, Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales., Lima, 2020.
- [22] MTC, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.
- [23] C. María, R. Claramunt y P. Cornago, Reciclado y tratamiento de residuos, España: UNED, 2012.
- [24] RAE, «Real Academia Española,» [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/dise%C3%B1o#otras>. [Último acceso: 27 Mayo 2021].
- [25] K. Valencia, J. Cabrera y P. Velásquez, «Modelo matemático para la ubicación de estaciones de transferencia de residuos sólidos urbanos,» *Revista EIA*, vol. 12, n° 23, pp. 61-70, 2015.

Anexos (Expediente Técnico)

https://drive.google.com/drive/folders/1amFfEgTIT50SX6UQiXjxF3oH16V5yreb?usp=drive_link