UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

Diseño de una planta de valorización de residuos sólidos municipales para el distrito de San Andrés – Cutervo – Cajamarca, 2020

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

AUTOR

Alexis Delgado Guevara

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

https://orcid.org/0000-0002-3653-1394

Chiclayo, 2023

Diseño de una planta de valorización de residuos sólidos municipales para el distrito de San Andrés – Cutervo – Cajamarca, 2020

PRESENTADA POR

Alexis Delgado Guevara

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

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Wilson Martin Garcia Vera
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino
SECRETARIO

Hector Augusto Gamarra Uceda
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por brindarme la fuerza de continuar adelante para perseguir lo anhelado, como también lograr mis propósitos profesionales.

A mis progenitores, Gilberto y María, porque siempre estuvieron dándome su apoyo y motivándome a seguir adelante.

A mis hermanos por impulsarme a ser cada día una mejor persona y a mis amigos que fueron parte de todo este trayecto y conocen todo el esfuerzo que se realizó, por estar siempre apoyando, alentando a seguir adelante y estar ahí en cada momento.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme los recursos necesarios y de esta manera poder realizar mi tesis.

Así mismo agradezco enormemente a mis progenitores que han sido parte fundamental de este logro y también agradezco a mis amigos por sus consejos, enseñanzas y vivencias compartidas a lo largo de la carrera universitaria.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	11 %	5 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
3	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
5	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
7	www.construaprende.com Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	APOYO CONSULTORA/AC PUBLICA. "DIA del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de	<1 %

Índice

Resumen 10
Abstract 11
Introducción 12
Marco teórico 16
Antecedentes del problema 16
Bases Teórico Científicas 18
Bases Legales 21
Metodología 23
Tipo y nivel de investigación 23
Diseño de investigación 23
Población, muestra y muestreo 23
Procedimientos 24
Estudio de caracterización 24
Estudio de área, evaluar y designar la ubicación de la infraestructura. 31
Estudio Topográfico 31
Estudio de mecánica de Suelos. 31
Diseño de la planta de valorización y estructura afines 33
Vía de ingreso y oficinas en el área destinada para la infraestructura de tratamiento. 39
Estudio de evaluación de impacto ambiental 40
Resultados y discusión 41
Resultados 41
Estudio demográfico 41
Estudio de Caracterización 41
Resultados de la caracterización domiciliaria 41
Resultados de la caracterización no domiciliaria 44
Resultados totales de la caracterización 46
Estudio de selección de área. 48
Estudio Topográfico 48
Estudio de Mecánica de Suelos 49
Diseño de Infraestructura 50
Diseño Estructural 52
Diseño del acceso a la planta 54
Estudio de evaluación de impacto ambiental 55
Presupuesto del proyecto 56
Discusión 57

Conclusiones 58
Recomendaciones. 60
Referencias 61
Anexos 62
Anexo N°01: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales 63
Anexo N°02: Estudio de área, evaluar y designar el área 102
Anexo N°03: Estudio Topográfico 116
Anexo N°04: Estudio de mecánica de Suelos 119
Anexo N°05: Diseño de la planta de valorización y estructura afines 188
Anexo N°06: Diseño de Vía de acceso y oficinas 223
Anexo N°07: Estudio de evaluación de impacto ambiental 299
Anexo N°08: Presupuesto del proyecto 394
Anexo N°09: Planos 420

Lista de figuras

Figura 1. El proyecto esta ubicado en el distrito de San Andrés-Cutervo-Cajamarca. 23
Figura 2. Zona Urbana de San Andrés 26
Figura 3. Rutas de recojo de RS 27
Figura 4. Elevación de sistema de tijerales 34
Figura 5. Planta sistema de tijerales 35
Figura 6. Distribución de carga muerta en nudos 37
Figura 7. Distribución de carga viva en nudos 37
Figura 8. Distribución de presión del viento en nudos 37
Figura 9. Composición RS de las viviendas 42
Figura 10. Composición RS de las viviendas 43
Figura 11. Composición RS no domiciliarios. 44
Figura 12. Composición RS no domiciliarios 45
Figura 13. Composición global de RSM 47
Figura 14. Diagrama de flujo de la planta de valorización 56

Lista de tablas

Tabla 1. Habitantes beneficiados en la ciudad de San Andrés, 2021 23
Tabla 2. Conformación de equipo técnico 28
Tabla 3. Codificación de domicilios 28
Tabla 4. Codificación de establecimientos no domiciliarios 29
Tabla 5. Peso por metro cuadro de los materiales 35
Tabla 6. Factores de carga E.020 36
Tabla 7. Población beneficiaria de la zona urbana y rural 41
Tabla 8. Generación per cápita domiciliaria 41
Tabla 9. Composición RS de las viviendas 42
Tabla 10. Resultado de porcentaje de humedad de RS orgánicos 43
Tabla 11. Porcentaje de humedad de RS de las viviendas 43
Tabla 12. Densidad RS de las viviendas 43
Tabla 13. Generación per cápita RS no domiciliarios 44
Tabla 14. Densidad de RS no domiciliarios 44
Tabla 15. Composición RS no domiciliarios 45
Tabla 16. Generación total municipal 46
Tabla 17. Generación per cápita total municipal 46

Tabla 18. Densidad de los RSM 46
Tabla 19. Composición de los RSM 47
Tabla 20. Áreas evaluadas para la planta de valorización 48
Tabla 21. Ubicación de la planta de valorización 48
Tabla 22. Poligonal en coordenadas UTM DATUM WGS 84 48
Tabla 23. Ubicación de las calicatas 49
Tabla 24. Estratigrafía del terreno 49
Tabla 25. Capacidad Portante y Asentamientos en el terreno 49
Tabla 26. Flujo de destino 50
Tabla 27. Determinación de área necesaria para la planta de recepción, segregación y almacén 50
Tabla 28. Determinación del área necesaria correspondiente a la nave de compostaje 51
Tabla 29. Volumen y área necesaria para relleno necesario 51
Tabla 30. Áreas en la planta de valorización 52
Tabla 31. Complementos para servicios de agua y desagüe 52
Tabla 32. Fuerzas axiales en tracción y compresión de los elementos del tijeral 53
Tabla 33. Secciones que conforman los tijerales 53
Tabla 34. Secciones que conforman la Vigueta 53
Tabla 35. Secciones que conforman los tijerales 53
Tabla 36. Secciones de los elementos que conforman la Vigueta 54
Tabla 37. Requerimientos del acceso 54
Tabla 38. Sección transversal de la vía 55
Tabla 39. Ingresos de la valorización de desechos en el año 2021 56
Tabla 40. Presupuesto de la Obra 56

Resumen

En el presente proyecto, se propone una planta de valorización de RSM para el distrito de San Andrés de Cutervo con la finalidad de que los RSM sean valorizados y se mejore las condiciones de vida de los pobladores. Con este proyecto se está buscando tratar los RS orgánicos y a partir de estos se genere abono para los cultivos y que los residuos inorgánicos aprovechables sean reciclados para posteriormente ser vendidos, logrando de esta forma minimizar el volumen de RS no aprovechables que van al relleno sanitario. Para la ejecución de esta tesis se establecieron los objetivos que se detallan a continuación: Realizar la caracterización de los RSM, posterior a ello se ha determinado el lugar donde se realizara el proyecto, una vez conocido la ubicación, se ha procedido a realizar el estudio topográfico y de MS, y con la información obtenida de estos estudios se ha procedido a diseñar la planta de valorización, y estructura afines, para poder ingresar al proyecto también se ha considerado diseñar las vías de acceso, así mismo se ha realizado el estudio de impacto ambiental y el presupuesto del proyecto. Uno de los estudios base para dimensionar la planta de valorización ha sido de caracterización de los RSM para el cual se plantearon tres etapas tales como: Planificación, trabajo de campo y procesamiento de datos. Así mismo para el dimensionamiento adecuado de las plantas de valorización se realizó un flujo de destino. De la caracterización de los RSM se ha obtenido que cada poblador diariamente genera alrededor de 0.47 kilogramos de los cuales el 64.36% corresponde a RS orgánicos, el 11.55% corresponde a los RS inorgánicos y el 24.09% son residuos no aprovechables. Además, se obtuvo una densidad promedio de los RSM de 164.27 Kg/m3 y una humedad de 54.91%. Finalmente es necesario indicar que con el proyecto se busca alcanzar beneficios sociales y económicos para la población, como también la mitigación de la contaminación derivada de una inadecuada gestión de los RSM, otorgando un ambiente sano y saludable para los habitantes del distrito.

Palabras clave: Caracterización, valorización, residuos sólidos orgánicos, compostaje, diseño.

Abstract

This project proposes a solid waste valorization plant for the district of San Andres de Cutervo in order to valorize solid waste and improve the living conditions of the inhabitants. This project seeks to treat organic waste and use it to generate fertilizer for crops and recycle inorganic waste for later sale, thus minimizing the volume of non-usable waste that goes to the landfill. For the execution of this thesis, the following objectives were established: To characterize the solid waste, after which the place where the project will be carried out was determined, once the location was known, a topographic and soil mechanics study was carried out, and with the information obtained from these studies, the valorization plant and related structure were designed, in order to enter the project, the access roads were also considered, as well as the environmental impact study and the project's budget. One of the basic studies for sizing the valorization plant was the characterization of solid waste, for which three stages were proposed: planning, field work, and data processing. Likewise, for the adequate sizing of the valorization plants, a destination flow was carried out. From the characterization of solid waste, it was found that each inhabitant generates about 0.47 kilograms daily, of which 64.36% corresponds to organic waste, 11.55% to inorganic waste and 24.09% to non-usable waste. In addition, an average MSW density of 164.27 kg/m3 and a moisture content of 54.91% were obtained. Finally, it should be noted that the project seeks to achieve social and economic benefits for the population, as well as to mitigate the pollution caused by inadequate solid waste management, providing a healthy environment for the district's inhabitants.

Keywords: Characterization, recovery, organic solid waste, composting, design.

Introducción

Los desechos sólidos son una dificultad que afecta gravemente a las ciudades debido a la inadecuada gestión, siendo una remora que viene afectando a todos los habitantes del planeta, de los cuales más del 90% de los residuos sólidos son quemados o vertidos en zonas baldías, este problema mayormente se da en los países con menos desarrollo económico, afectando a la población con menos ingresos económicos y más vulnerables [1].

Cabe mencionar que una inapropiada operación de los RSM origina que se contamine las zonas marítimas, como también que tanto en las zonas urbanas como rurales se produzcan inundaciones, debido al estancamiento de desechos en los canales que transcurren por las ciudades. Así mismo una mala gestión es causante de generación de enfermedades respiratorias debido a la quema de los residuos, por otra parte, los animales también están siendo perjudicados tanto por el consumo o porque son atrapados por estos desechos [1].

De acuerdo al segundo informe denominado What a Waste o también conocido como los desechos, publicado por el Banco Mundial, indica que, a nivel mundial, durante todo el año se está generando alrededor de 2010,000,000 de toneladas correspondiente a inmundicias generadas por las urbes, siendo una parte importante correspondiente a un 30% de estos que no son gestionados. Además, en el informe se menciona que, debido al aumento progresivo de las urbanizaciones y las mejoras económicas en la población. Se prevé que para el año 2030 aumente un 70% más de los residuos generados en la actualidad, llegando a una cantidad de 3400 millones de toneladas anualmente.

Es importante mencionar que los países más desarrollados a pesar de estar conformados por un 16% de la población vienen generando una tercera parte (34%) de la totalidad de desechos a nivel global, mientras que las regiones del oriente y el pacífico juntas generan cerca de una cuarta parte (23%) del total de residuos generados. Así mismo se ha estimado que para el año 2050 al sur del desierto del Sahara como también en parte del sur de Asia la cantidad referente a los desechos sólidos se tripliquen y dupliquen respectivamente. Además, se indica que solo un 13.5% de los desechos son reciclados y un 5.5% son tratados para abono orgánico. [1]

Ahora bien, de todas las inmundicias originadas en las urbes tanto de Sudamérica como del caribe, una tercera parte de estos son depositados en zonas baldías, considerada como una mala práctica ya que ocasiona focos infecciones poniendo en riesgo la salud de los habitantes, consiguiendo que con estas malas prácticas se afecte al medio inerte como el agua, aire y el suelo. [2]

De acuerdo con la publicación realizada por la ONU con respecto al área de Medio Ambiente, menciona que con respecto a Latinoamérica se genera un kilo de residuos urbanos por habitante, mientras que en su conjunto se genera un total de 541.000 toneladas, representando un 10% de los residuos generados a nivel global. Con lo descrito anteriormente se puede deducir que, a más desarrollo económico, mayor es la cantidad de inmundicia generada en las urbes. Así mismo se manifiesta que la inmundicia de las urbes de Latinoamérica se da de forma proporcional, no se generan ni más ni menos de lo que corresponde.

En el Perú cada día aumentan los que habitan en las zonas urbanas generando que crezca en gran proporción los residuos sólidos, se estima que cada habitante en el Perú origina una cantidad mayor al medio kilo diario de desechos; en el año 2014 se generó alrededor de 13 mil toneladas por día, y actualmente se encuentra alrededor de las 18 mil toneladas diarias. Del total los desechos sólidos generados actualmente, se ha determinado que una cantidad menor al 50% ha sido destinada en infraestructura de disposición final con respecto a lo manifestado en el plan de manejo de desechos sólidos, lo que conlleva a ciudades sucias, calles, ríos, lagos y quebradas contaminadas. [3]

Así mismo de acuerdo al informe concerniente al sistema nacional de información ambiental (SINIA) se hace mención con respecto al año 2016 donde se da a conocer una generación de una cantidad mayor a 7 millones de toneladas de desechos en todo el país, además se indica que tan solo se reciclo un 19% de los desechos reaprovechables teniendo entre estos tales como: papel, vidrio, cartón, entre otros. Es por ello por lo que se puede decir que en el Perú hay mucho por hacer respecto a la inmundicia generada por las urbes.

Con respecto a la publicación del Ministerio del Ambiente-MINAM, se menciona que con referencia a la cantidad concerniente a los desechos sólidos en Cajamarca para el año 2018 ha sido de 151,438.90 toneladas/año con una generación diaria de 414.90 toneladas y una generación diaria por cada habitante de 0.64 kilogramos. Así mismo en la provincia de Cutervo la generación municipal diaria ha sido de 29.18 ton y una generación diaria por cada habitante de 0.63 kilogramos de desechos sólidos. Además, en el reporte indica que los residuos sólidos en Cajamarca han afectado a 123 áreas, convirtiéndoles en áreas degradas que necesitan ser recuperadas, esto debido al depósito de inmundicia de las urbes en zonas no autorizadas.

Es preciso indicar que el municipio de San Andrés de Cutervo no tiene un plan para el manejo de la inmundicia generada en el distrito, así mismo carece de los estudios de caracterización, y no cuenta con una zona apropiada para el tratamiento y ubicación ultima de estos. Por lo tanto, los residuos de la ciudad de San Andrés vienen siendo arrojados en diferentes lugares del distrito

teniendo hasta ahora dos áreas degradadas, contaminando el suelo, aire y agua. Ocasionando malestar y problemas de salubridad a los habitantes del distrito en mención.

Por consiguiente, es un problema grave que el distrito no cuente con un programa para el manejo de la inmundicia generada de la urbe, lo cual acrecienta enormemente la vulnerabilidad respecto a los habitantes y en circunstancias como la que estamos afrontando, como la pandemia del covid-19, siendo el estudio de caracterización la base primordial que permitirá establecer un programa para un adecuado manejo de la inmundicia. Sin embargo, la municipalidad de San Andrés de Cutervo no cuenta con dicho estudio, es por ello que no pueden proceder con un plan técnico y operante para poder establecer un adecuado sistema para manejar la inmundicia generada por los habitantes del distrito.

Es por tal motivo, que se ha planteado en esta tesis realizar la caracterización de los RSM, parte esencial para plantear propuestas de gestión. Así mismo con la intención de reducir la cantidad de inmundicia que vaya a terminar en la infraestructura de disposición final se ha visto por conveniente dar un tratamiento, proponiendo para ello una planta de valorización siendo esta una de las partes más relevantes en este proyecto. La presente tesis se justifica mediante los puntos indicados a continuación:

- **En lo Ambiental,** al contar con infraestructura de valorización de RSM se dará tratamiento tanto a la inmundicia orgánica como a la inmundicia inorgánica aprovechable, generando con ello que se disponga el menor volumen posible de desechos a la infraestructura de disposición última. Así mismo la contaminación del medio ambiente se reduciría, mejorando la calidad de vida de los pobladores.
- **En lo técnico,** la tesis brindará información para el municipio de San Andrés, como para otros distritos que tengan condiciones similares, así mismo el estudio de caracterización aportaría información para posteriormente elaborar un programa para el manejo de la los RSM, como también la planta de valorización permitirá tener mayor conocimiento en la valorización y tratamiento. Además, sería una fuente de información para empresas interesadas que promuevan este tipo de proyectos.
- **En lo Científico,** aportara conocimientos respecto al tratamiento de los RSM generada por los pobladores de la ciudad de San Andrés, como también aportara valiosa información para los municipios de la provincia de Cutervo, debido a que sería la segunda planta de valorización ya que una se encuentra en funcionamiento en el distrito de Callayuc. Así mismo la tesis servirá como consulta debido a que cuenta con estudio de caracterización, permitiendo proporcionar información para otros municipios de la

provincia que cuentan con características similares y podrían gestionar sus residuos teniendo como referencia este estudio.

- **En lo Social,** con el constante crecimiento de las ciudades y la generación progresiva de desechos es necesario ir implementando plantas para tratar la inmundicia de las urbes de tal forma que se puedan desarrollar municipios y localidades sostenibles, limpias y saludables. Además, con este tipo de proyectos se busca que las personas vivan en zonas donde su salud no este expuesta. Por lo tanto, un proyecto como este generaría un impacto positivo debido a que conllevaría a tener un medio ambiente sano, así como también mejoría el aspecto estético de los paisajes.
- **En lo Económico,** las plantas de valorización generan beneficios rentables, es el caso del distrito de Callayuc que cuenta con una planta de valorización, la cual tiene condiciones similares al distrito donde se está planteando el proyecto, en el caso del proyecto mencionado se están generando semanalmente 60 sacos de residuos orgánicos, es por ello por lo que la planta de valorización en el distrito de San Andrés traerá beneficio económico ya que proporcionará trabajo y generará abono orgánico.

Por lo visto anteriormente se puede asegurar que este proyecto va generar beneficios sociales, económicos y medioambientales, teniendo como objetivo general; Diseñar una planta de valorización de RSM para el distrito de San Andrés de Cutervo.

Para la presente tesis los objetivos específicos planteados han sido los siguientes: Realizar la caracterización de los desechos sólidos urbanos, luego se ha considerado determinar el lugar adecuado para la planta de valorización, una vez determinado el lugar para el proyecto se ha visto por conveniente hacer el estudio topográfico y de MS, y a partir de los estudios antes mencionados se procedería a diseñar la planta de valorización y estructura afines, así mismo es importante contar con un ingreso hacia la planta es por ello que se ha propuesto diseñar las vías de acceso, y como objetivos finales se consideró realizar el estudio de impacto ambiental y determinar el presupuesto del proyecto.

Marco teórico

Antecedentes del problema

Actualmente en el Perú se ha creado mayor conciencia respecto a la gestión de los desechos sólidos, es por ello por lo que la información es limitada en muchos municipios con respecto a sus planes para el manejo de estos, tal es el caso que hay municipios que no cuentan con un área que se encargue del manejo de los RSM, así mismo no cuentan con los profesionales que conozcan del tema.

Antecedentes internacionales

Zamora Jennifer, en su tesis: "Plan de manejo Ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, 2013", En esta tesis desarrollada se ha identificado el problema de la mala disposición final que se da a los residuos, es por ello que se hizo un estudio de caracterización como parte primordial para iniciar un buen plan de gestión, además busca conocer que factores son los que vienen afectando el medio natural para de esta forma tener una mejor propuesta y se pueda generar un programa para una adecuada dirección de los desechos, como también su disposición final. Como resultado del estudio de caracterización obtiene que un 82.18% son desechos orgánicos biodegradables por lo que propone la realización de compostaje. Así mismo para la infraestructura de disposición última de desechos propone condiciones para su adecuada ubicación, como también indica que los pobladores y la entidad municipal no le dan la importancia a la inmundicia generada por los ciudadanos. [4]

Tejada Daniela, en su tesis: "Manejo de residuos sólidos urbanos en la ciudad de la paz, b. C. S.: estrategia para su gestión y recomendaciones para el desarrollo sustentable, 2013". En esta investigación nos indica que cada municipio debe contar con un programa para el adecuado manejo de la inmundicia de la urbe, mencionando que no existe un modelo único, sino que estos se deben adaptar a cada localidad. Teniendo como finalidad de ver la forma en la cual se viene desarrollando los trabajos referentes a los RSM. Para ello analizo las seis etapas que realizaba el municipio respecto a su programa de dirección de los desechos, haciendo mención algunas de estas etapas, se tiene las siguientes: recojo, movilidad, valorización y disposición final. Como parte inicial realizo el estudio de caracterización el cual los desarrollo por categorías estimándose un 56.86% de restos orgánicos, 19.14% de restos no reciclables y 22.35% de restos reciclables con una generación diaria por cada habitante de 1.394 y 0.84 kilogramos. Así mismo mediante su investigación logra identificar múltiples problemas con respecto al funcionamiento del botadero controlado el cual ha sido evaluado con la

normatividad aplicable, además se identificaron 95 zonas de arrojo de residuos distribuidos por diferentes lugares de la ciudad, teniendo un área afectada alrededor de los 425,190 m2. Con estos resultados plantea diferentes metodologías para las seis etapas del programa de dirección de los desechos del municipio. [5]

Donoso Kovacevic, Lucas Sebastián, en su tesis: "Plan de negocios de una planta para el reciclaje de desechos Orgánicos, 2019", En esta investigación se tiene como finalidad plantear una propuesta comercial para la infraestructura en la cual se trate la inmundicia orgánica. Para el estudio se ha elaborado una estructura, partiendo de una evaluación eficaz y análisis de mercado, así mismo ha determinado los equipos tecnológicos, como también la dimensión de la infraestructura donde se va a desarrollar el tratamiento y también se ha evaluado la adecuada ubicación. Como resultado de los estudios desarrollados ha obtenido que se requiere recoger desechos de alrededor de 1800 domicilios de forma mensual y de esta manera tener que procesar alrededor de 480 toneladas mensuales, finalmente plantea que el compost obtenido sea distribuido una parte a las viviendas participantes, el resto será comercializado y otra parte a los viveros. De acuerdo al estudio económico el proyecto es rentable. [6]

Antecedentes Nacionales

Rosales Meza, en su tesis: "Caracterización de residuos sólidos domiciliarios para la implementación de un plan de manejo en el distrito de Paucarpata provincia de Arequipa, 2015", En esta tesis elabora la caracterización referente a la inmundicia generada por los pobladores de la localidad de Paucarpata, es por ello que ha hecho uso de las guías dadas por el MINAM, siendo estas: la guía de caracterización para los desechos y la otra la guía para la gestión de estos. Del estudio elaborado ha obtenido como resultado que cada habitante está generando diariamente 0.5 kg, también ha evaluado la densidad obteniendo un promedio de 165.69 kg/m3, además ha realizado una evaluación de las cantidades orgánicas e inorgánicas de desechos, arrojando un 30.14% de restos orgánicos y un 12.97% de restos aprovechables. Finalmente propone metas como también estrategias, capacitaciones, plantea trabajar con los recicladores y fomenta la valorización de los desechos municipales. [7]

Dávila, Eloísa, en su tesis: "Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para generar compost en el distrito de Rioja, 2019", Este proyecto lo que busca es tratar los residuos orgánicos y para lograr ello plantea cuatro objetivos, siendo el primero, conocer cuál es la situación en la que se encuentra el acopio y acarreo de la inmundicia; como segundo objetivo, evaluar las características de la localidad para ver si sería una buena opción comercializar abono orgánico en la zona; el tercero, diseñar la

infraestructura necesaria y proponer los equipos requeridos para un funcionamiento adecuado y por último realizar una evaluación para ver la rentabilidad del proyecto. Del estudio de mercado ha obtenido que el abono orgánico será comercializado para el cultivo de café. Además, indica que la planta estará ubicada a las afueras del distrito con un área de 2800m2, y permitirá tener una demanda de alrededor de 68,559 quintales los cuales serán de 50 kilogramos cada uno. [8]

Gamonal, Gianela, en su tesis: "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", En esta tesis plantea proponer infraestructura para valorizar la inmundicia y también para su disposición última, para ello cuenta con información preliminar como es la caracterización de los RSM de la zona en estudio y a partir de ello obtiene dimensiones para las áreas que conformaran la planta de valorización y de disposición final, como también de los ambientes necesarios para la planta, la cual cuenta con una extensión total de 10 hectáreas. Ha realizado el estudio para conocer la topografía del terreno, también ha realizado calicatas para conocer sus propiedades físicas y mecánicas del suelo, entre otros estudios más y a partir de ello ha diseñado las infraestructuras para el tratamiento de la inmundicia orgánica e inorgánica, también ha considerado una infraestructura para su disposición última, accesos internos, oficinas administrativas y servicios básicos. [9]

Bases Teórico Científicas

- **Residuos Sólidos**

Los desechos sólidos generados por las personas pueden ser materiales, objetos o elementos resultantes de la actividad humana, estos son generados de forma diaria, así mismo suelen carecer de valor económico y es conocido comúnmente como "basura". [10]

- **Residuos orgánicos**

Los desechos orgánicos están constituidos por restos de alimentos o materia vegetal de fácil degradación. Estos desechos se originan de forma diaria debido a diferentes actividades, algunos de estos residuos son: cascaras de frutas o verduras, estiércol, aserrines, entre otros y que en su proceso de degradación se convierten materia orgánica.

- **Residuos inorgánicos**

Pueden ser de origen mineral o producidos de forma industrial de manera tal que sean difíciles de degradar, pero pueden ser reutilizados mediante métodos de reciclado.

- **Desechos de los municipios**

Es aquella inmundicia que es generada en las ciudades, siendo la municipalidad el ente encargado de su acopio, manejo, valorización y disposición última de estos, se subdividen en RS de domicilios y RS de locales comerciales.

- **Desechos sólidos de los hogares**

Son aquellos desechos originados en las viviendas producto de la actividad diaria de los residentes en dichos predios, estos desechos en ciudades grandes se dividen en niveles socioeconómicos (por estratos económicos).

- **Desechos sólidos de locales comerciales e instituciones**

Los desechos que se encuentran contemplados son aquellos que no provengan de los domicilios sino de actividades sea tanto comerciales como institucionales tales como: Hoteles, restaurantes, mercados, instituciones públicas, instituciones educativas y también de limpieza de áreas de esparcimiento de las ciudades.

- **Caracterización de los desechos de los municipios**

Es un estudio importante y necesario para poder implementar una conveniente estrategia de manejo de los desechos, como también para proponer infraestructura con las áreas necesarias la cual se determina a partir de los resultados obtenidos de la caracterización de los desechos. Este estudio proporciona información tal como; el peso de desechos generado por cada habitante diariamente, los porcentajes de desechos tanto orgánicos como inorgánicos, la densidad promedio y el % de humedad que tienen los desechos. Como se indicó anteriormente es un estudio requisito que todo municipio debería tener para poder gestionar adecuadamente sus residuos.

- **Compostaje**

Se tienen diferentes maneras de compostaje los cuales están determinados por las condiciones del proceso para el tratamiento de los desechos orgánicos. Entre estos se tiene:

- **Compostaje Aerobio:** Consiste en el desprendimiento de energía consiguiendo con ello la descomposición de la materia orgánica y la estabilización de está en presencia de oxígeno, mediado por la acción compuesta de varias bacterias.
- **Compostaje Anaerobio:** Proceso en el cual se reduce la materia orgánica y se tiene ausente al oxígeno, debido a que hay microrganismos que en ausencia de oxígeno transforman los restos orgánicos.

a. Etapas del Compostaje

- **Etapa de Descomposición**

Los residuos orgánicos son degradados bilógicamente de manera fácil, así mismo se presenta un incremento de la temperatura debido a la liberación de energía durante este proceso.

- **Etapa de Maduración:**

Con esta etapa se da fin al proceso de compostaje en la cual el compost se estabiliza, y adquiere las propiedades requeridas como abono orgánico, el consumo de oxígeno no es elevado, siendo una fase más fácil que la anterior.

b. Factores del Proceso de Compostaje

La generación de un apropiado proceso va necesitar de factores tales como: temperatura, H2O, que se cuente con los nutrientes necesarios y también haya presencia de oxígeno. Por lo tanto, la existencia de los factores mencionados permitirá un adecuado desarrollo de los microorganismos aerobios.

- **Ubicación del área para la infraestructura de valorización de RSM**

Una planta de valorización de RSM debe contar con una zona adecuada y a una distancia apropiada de la ciudad para que no genere problemas, siendo de conocimiento que una planta en buen funcionamiento no genera molestias. [11]

- **Relleno Sanitario Manual**

El relleno sanitario, de acuerdo a lo definido por la Ley general de RSM, es considerada como una infraestructura de disposición última, la cual se encuentra convenientemente manejada y equipada, como también es segura ambientalmente para los RSM.

En este tipo de rellenos los desechos son esparcidos, compactados y cubiertos de manera manual, mediante el uso de instrumentos sencillos como: rastrillos, palas, entre otros. Así mismo este método aplica cuando no se supere las 20 toneladas diarias de RSM. El funcionamiento se limita solo a trabajos en el día. [11]

- **Guía para la caracterización de residuos sólidos 2019 – MINAM**

Esta guía permite facilitar el estudio de caracterización de los RSM, la cual contiene de forma detallada los procesos, como también lo equipos y materiales a usar y los resultados que se tienen que obtener.

- **Guía de diseño de infraestructura de disposición final manual de RSM 2011-MINAM**

Proporciona información para las municipalidades y entes encargados del manejo de los RSM, así mimo es una guía práctica, como también es una herramienta ágil que facilita la construcción de la infraestructura de disposición ultima, además que proporciona información para las fases de operación y funcionamiento de estas. [11]

- **Gestión de los RSM en tiempos de Covid – 19**

Brinda indicaciones de cómo gestionar los desechos sólidos municipales para el periodo de emergencia Nacional por COVID – 19 para los establecimientos domiciliarios y no domiciliarios como: Domicilios, lugares de aislamiento de personas, bodegas, instituciones públicas y privadas.

Bases Legales

- **Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Reglamento del DL N° 1278) [12]**, está orientado a estimular y desarrollar medidas para el manejo y operación de los RSM, enfocadas en valorizar y reducir en gran medida los RSM. Además, especifica las compromisos, derechos, deberes y atribuciones. Los siguientes artículos se han extraído del reglamento:

- **Articulo 33 (segregación),** en el cual se menciona que la segregación se debe realizar en una planta de valorización e impide segregar en áreas de disposición final.
- **Articulo 37 (Valorización)**, menciona que siempre se debe considerar como primera opción la valorización de los RSM con respecto a la disposición en rellenos sanitarios, haciendo uso de procesos tales como: el tratamiento de desechos orgánicos y el reciclaje de desechos inorgánicos u otras tecnologías. De manera tal que se consiga minimizar la contaminación ambiental.
- **Articulo 44 (Prohibición de residuos domiciliarios en lugares no autorizados)**, en este artículo se indica que está prohibido que se depositen en zonas no autorizadas o también conocidos como botaderos los RSM, en caso de identificar se debe clausurar inmediatamente por la municipalidad provincial o distrital, según le corresponda.

- **Ley General del Ambiente - Ley N.º 28611**

Garantiza un medio ambiente saludable y asegura un entorno limpio y adecuado consiguiendo que se desarrolle una mejor calidad de vida, teniendo como objetivo lograr ciudades limpias y

salubres, de forma tal que se minimice la contaminación ambiental. [13]

- **Ley Orgánica de Municipalidades LEY N.º 27972**

Da a conocer en su artículo 80, que los municipios son los que están encargadas de regular y controlar los desechos sólidos, así mismo indica que deben administrar y regular ya sea por administración o concesión los servicios de recolección, transporte y tratamiento de los RSM. [14]

- **Ley General de Salud - Ley N.º 26842**

En el artículo 104 sostiene que todos los residuos deben ser gestionados adecuadamente de forma tal que no sea afectada el agua, aire y suelo las cuales deben cumplir con lo indicado. De manera tal que se minimice la contaminación ambiental y se cumpla con la normatividad de salubridad. [15]

- **Norma Técnica Peruana**

- **Norma E-0.20. Carga, 2006. Perú. (RNE)**

"Nos permite determinar las cargas que se debe imponer en las edificaciones teniendo en cuenta su uso previsto. En ningún caso se debe proporcionar cargas menores a las indicadas, así mismo se complementa con las normas E0.30 y normas propias de diseño".

- **Norma E-0.30. Diseño Sismoresistente.2016 Perú. (RNE).**

"En el capítulo de diseño sismorresistente del RNE se indican condiciones mínimas para del diseño de edificaciones sismorresistentes".

- **Norma E-0.50. Suelos y Cimentaciones. 2006. Perú. (RNE).**

"En este capítulo del RNE se da a conocer las exigencias para llevar a cabo el estudio de MS, a partir del cual se desarrollará el diseño de las cimentaciones que forman parte de la estructura y otros inherentes a la norma. Las condiciones indicadas son las mínimas y la norma aplica a todo el territorio peruano".

- **Norma E-0.60. Concreto Armado. 2011. Perú. (RNE).**

"En este capítulo del RNE se cuenta los requisitos mínimos y las exigencias en materia de análisis, diseño y materiales".

Metodología

Tipo y nivel de investigación

Respecto al presente proyecto viene a ser una investigación aplicada, debido a que se genera por una necesidad del distrito. Requiriendo de un planteamiento específico para cubrir dicha necesidad. Este proyecto se da como respuesta al mal manejo de los RSM que se está realizando en la Ciudad de San Andrés de Cutervo y como solución se ha propuesto un planteamiento específico.

Diseño de investigación

Para el desarrollo del proyecto el método a emplear será la metodología cuantitativa – experimentación. La primera se llevará a cabo mediante la caracterización de RSM y con referencia de la metodología experimental se realizará a partir de estudios como la evaluación de donde ubicar la planta de RSM, la determinación de la superficie o los relieves de la zona y otros estudios que permitan llevar a cabo el proyecto.

Población, muestra y muestreo

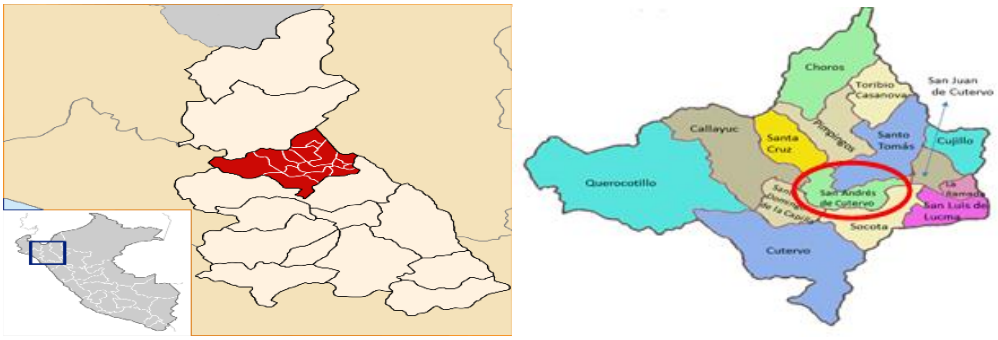
El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de San Andrés-Cutervo-Cajamarca, la cual vendría a ser la zona de estudio e influencia. Se encuentra entre los paralelos 6°14′11″ latitud sur y 78°42′40″ longitud oeste. Estando ubicada a 2058m.s.n.m, contando con un área de 133.4 km2 y por cada kilómetro cuadrado se tiene 31.27 personas.

Tabla 1. Habitantes beneficiados en la ciudad de San Andrés, 2021

ESTABLECIMIENTO	TOTAL
C.S. SAN ANDRES	2818
P.S. ILLUGAN	374
P.S. LA FLOR	419
P.S. PAJONAL	377
P.S. QUILLUGAY	403
DISTRITO DE SAN ANDRES	4391

Fuente: DISA Cutervo

Figura 1. El proyecto esta ubicado en el distrito de San Andrés-Cutervo-Cajamarca.



Fuente: DISA Cutervo

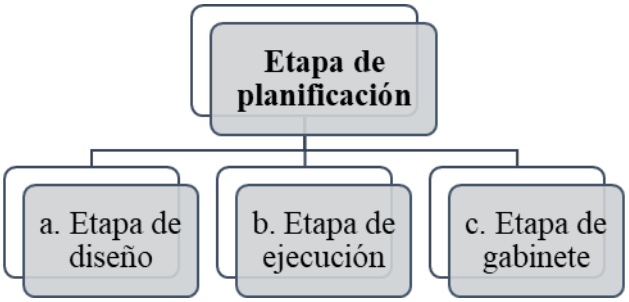
La localidad de San Andrés y sus centros poblados cuentan con una población total de 4391 habitantes y solo la localidad de San Andrés cuenta con 2818 personas considerando tanto los habitantes de la zona urbana y rural, según DISA Cutervo.

El distrito de San Andrés cuenta con alrededor de 1640 domicilios considerando la zona urbana y rural, según censo 2017 – INEI.

Procedimientos

- **Estudio de caracterización**

Para la caracterización de los RSM se realizó un esquema de planificación para poder llevar a cabo este estudio. Este esquema se ha realizado en tres fases o etapas.



- **Etapa de diseño:**

Esta es la etapa en la cual se realizó gestiones con la municipalidad distrital de San Andrés para poder llevar a cabo el estudio y obtener permisos.

a.1.Población actual para el estudio

La población en el año 2021 se obtuvo de la DISA Cutervo, la cual se indica en la tabla N°1, en esta se puede ver que la ciudad de San Andrés y sus centros poblados cuentan con un total de 4391 pobladores y solo la localidad sin considerar sus centros poblados tienen 2818 habitantes. También se puede realizar el cálculo mediante la siguiente expresión:

Estimación de los habitantes para el año en estudio: Para la determinación del número de pobladores en el año de estudio se puede emplear la fórmula que se muestra.

$$PF=Pi \times (1+r)^{n}$$

Donde:

Pi: Población inicial; Población real obtenida del último Censo Nacional (Fuente INEI)

r: Tasa de crecimiento anual inter censal (Fuente INEI)

n: Número de años que se desea proyectar a la población, a partir de la población inicial

PF: Población final proyectada después de "n" años

a.2. Determinación del total de domicilios

El número total correspondiente a los domicilios no estaba registrado por el municipio de San Andrés, es por ello que se optó por la recomendación proporcionada por la guía de caracterización, la cual indica que se puede asumir cinco habitantes por vivienda.

N=Total de habitantes/5hab/viv.

a.3. Determinación del total de predios no domiciliarios

Para la determinación del número de establecimientos comerciales se tuvo que visitar el distrito de San Andrés para identificar y hacer el conteo de todos los predios no domiciliarios, este proceso se realizó en un día de 8:00am a 3:00pm.

a.4. Cálculo del número de muestra

La determinación de la cantidad de muestras que se tengan que hacer para las viviendas y los establecimientos comerciales se realiza aplicando la fórmula que se presenta a continuación:

$$n = \frac{Z^2{}_{1-\alpha/2}\mathrm{N}\alpha^2}{(N-1)x\,\mathrm{E}^2 + Z^2{}_{1-\alpha/2}\,\alpha^2}$$

Dónde:

n = muestra de las viviendas

N = total de viviendas

Z = nivel de confianza 95%

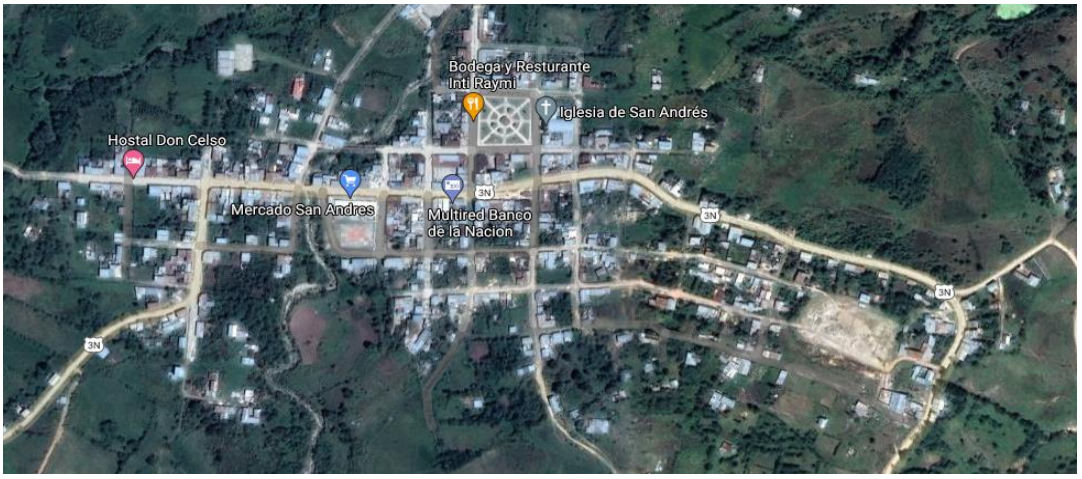
σ = desviación estándar

E = error permisible

Distribución de muestra de los RS domiciliarios: Para el distrito en estudio las muestras calculadas solo han sido considerando el sector urbano, además se ha visto innecesario hacer una zonificación debido a que los niveles socio - económicos tienen características similares por lo que no existirá una variabilidad con respecto a la cantidad de residuos que vayan a generar diariamente o la composición de estos.

Distribución de muestra para residuos no domiciliarios: En el distrito se ha considerado como sector de estudio todo el sector urbano, en la cual se realizará el muestreo teniendo en cuenta la distribución de muestras, los establecimientos a ser considerados serán los siguientes: Las bodegas, farmacias, restaurantes, instituciones públicas y otros establecimientos que indica la guía de caracterización.

Figura 2. Zona Urbana de San Andrés



Fuente: Google Mapas

a.5. Realización de documentos y formatos

Se elaboraron documentos para la obtención de información y permisos por parte de la municipalidad, así mismo se realizaron fichas para el registro de domicilios, establecimientos, ficha para registro de peso de los RS de viviendas y establecimientos, fichas para determinación de la densidad y ficha para registro de composición por tipo de desecho.

a.6. Rutas de recolección de muestras de RSM

Se tuvo dos rutas para el recojo de los RSM, la ruta que se muestra de coloración roja es la concerniente a los RS de los establecimientos comerciales, esta ruta fue establecida debido a que gran parte de los establecimientos no domiciliarios se encontraban en esta ruta, la Av. Salomón Vílchez Murga.

La segunda ruta de color amarillo se estableció con la finalidad de recoger los RS de las viviendas, la cual abarca la totalidad del sector urbano. En la zona marcada de verde se acopio todas las muestras recolectadas del sector urbano.

Figura 3. Rutas de recojo de RS

Fuente: Elaboración propia

a.7. Equipo tecnico

La determinación de las cuadrillas se ha realizado considerado el transporte de los residuos mediante carretillas, debido a que no se contó con vehículo que permita la recolección de estos. Previo a las actividades el equipo será capacitado y se les indicara las actividades que tienen que realizar.

Se ha considerado tres equipos técnicos: Una cuadrilla que se encargue de la encuesta, otra cuadrilla que se encargue del recojo y la última cuadrilla que será la encargada de la segregación de los RS municipales.

- **Actividad 1.** El equipo técnico para la encuesta estaría conformado por tres personas y el tesista, la actividad a realizar será la capacitación de los pobladores y la identificación de los domicilios y establecimientos participantes.
- **Actividad 2.** El segundo equipo técnico será el encargado de la recolección y estará conformado por seis personas incluido el tesista, el trabajo se planteó de la siguiente forma: Dos personas serán los encargados del recojo de los RS no domiciliarios, siendo

uno de ellos el que se encargará de recibir los desechos y de entregar las bolsas para el día siguiente y la otra persona se encargará del transporte de las bolsas de RS no domiciliarios.

La cuadrilla encargada de recoger los RS de las viviendas, estará conformado por cuatro personas, de las cuales dos personas se encargarán de recibir los RS y de dar las bolsas que usarán el día siguiente y las otras dos se encargarán del transporte de los RS hacia el lugar de acopio establecida por el gerente de la municipalidad.

- **Actividad 3**. El tercer equipo planteado ejecutará la actividad correspondiente de segregar los RSM acopiados, dicho equipo estará conformado por cuatro personas incluido el tesista, el trabajo a realizar consistirá en clasificar por tipo los residuos, hacer el pesaje y registro de estos.

Tabla 2. Conformación de equipo técnico

Personal:	Cantidad	Unidad
Personal de apoyo – encuestas (x 1 día)	4	Personas
Personal para recolección y entrega de bolsas (x 8 días)	3	Personas
Personal de transporte de muestras (x 8 días)	3	Personas
Personal para caracterización, pesaje y segregación (x 8 días)	4	Personas
Personal para barrido y limpieza (x 2 días a la semana)	7	Personas

Fuente: Elaboración propia

a.8. Adquisición de equipo, herramientas y el etiquetado de estos.

Con respecto a lo utilizado para la caracterización de los RSM, se emplearon bolsas de polietileno de 120lts, se adquirió 6 paquetes de bolsas para los RS domiciliarios de color negro como también se adquirieron 3 paquetes de bolsas rojas en la que serán depositados los RS no domiciliarios. Cabe precisar que cada paquete contenía 100 unidades. Todas estas bolsas han sido etiquetadas de tal forma que no exista confusión al momento de registrar los pesos generados por domicilio o establecimiento.

Tabla 3. Codificación de domicilios

Establecimiento	Código
Domicilios	D01

Fuente: Elaboración propia

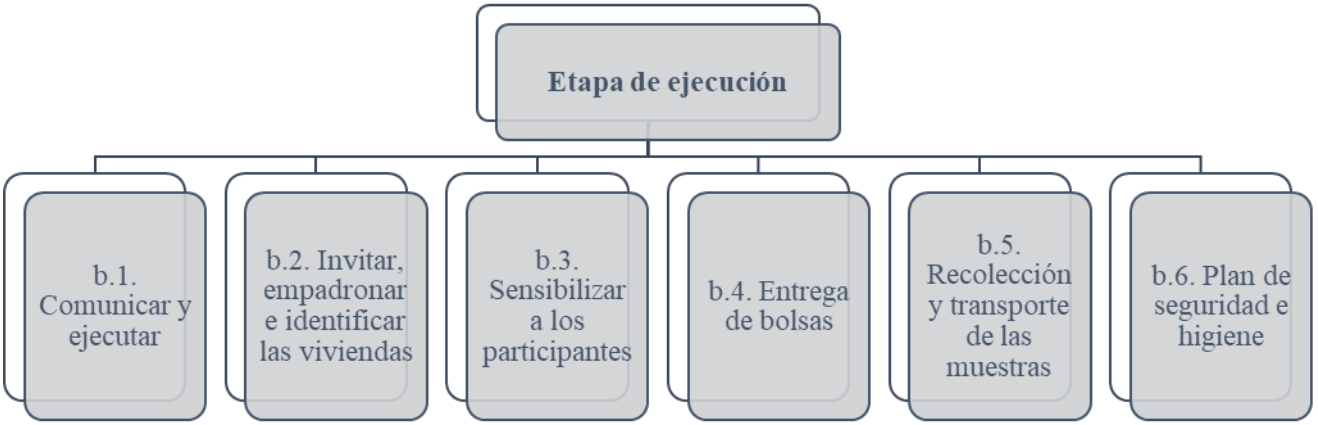
Tabla 4. Codificación de establecimientos no domiciliarios

Establecimiento	Código
Bodega	BO-01
Panadería	PAN-01
Ferretería	FR-01
Botica	BT-01
Centro naturista	CEN-01
Carpintería	CP-01
Taller de mecánica	TM-01
Grifo	GR-01
Agro veterinaria	AV-01
Transporte de pasajeros	TP-0.
Establecimiento gas	EG-01

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa de ejecución**

Esta etapa es la correspondiente al trabajo de campo que se tiene que desarrollar en el distrito, es importante contar con un buen planeamiento y tener todos los equipos, herramientas y personal para tener éxito al momento de ejecutar el estudio de caracterización.



b.1. Comunicar y ejecutar: A las personas que fueron parte del estudio de caracterización se les dio a conocer cuál es el fin del estudio, cual es el procedimiento de recolección, la hora en la que se realizara la recolección y en caso de no estar a la hora propuesta que acciones se pueden tomar.

b.2. Invitar, empadronar e identificar las viviendas. Se invito a las personas que sean parte del estudio, se acudio de domicilio en domicilio, dando a conocer el estudio, he indicando el proposito del mismo, siendo registrados todos los representantes de los domicilios y establecimientos que deseaban ser parte del estudio, así mismo fueron identificados sus domicilios con un código especifico para evitar confusiones al momento del pesaje.

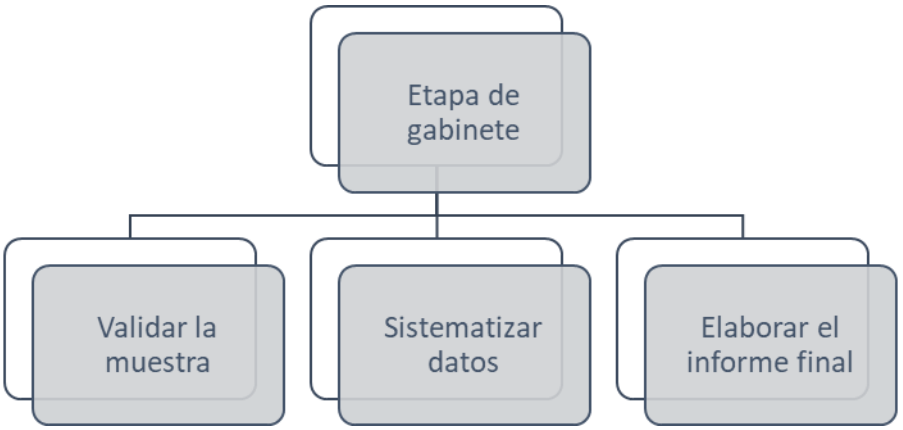
b.3. Sensibilización a los participantes. Se dio una breve explicación comentandoles que se puede hacer a partir de la caracterización de RS de las viviendas y establecimientos, mencionandoles que estos residuos se pueden valorizar, pero previo ha ello se necesita conocer cual es la generación de RS del distrtito para proponer una propuesta que minimice la contaminación y se pueda tener una mejor calidad de vida.

b.4. Entrega de bolsas. A los representantes de los domicilios y establecimientos previamente empadronados he identificados, se les entrego bolsas según les corresponda para el depósito de sus desechos, considerando de acuerdo al tipo de establecimiento y código de identificación.

b.5. Recojo y transporte de las bolsas. El recojo de los RS se realizó durante 8 días consecutivos en horarios de 8am a 10am, los residuos recolectados fueron llevados a la antigua municipalidad de San Andrés, lugar establecido para la realización del estudio de segregación y pesaje.

- **Etapa de gabinete**

En esta etapa se procesa los datos obtenidos una vez culminada la etapa de ejecución, se sistematiza los datos y finalmente se realiza el informe.



c.1. Validar la muestra: Para la validación de la muestra se realiza el siguiente procedimiento:

- El día cero no se considera en el análisis.
- Se identifica los días que no contengan datos y lo sombreamos.
- Se descartan los domicilios que hayan entregado residuos solo 3 días.
- Se elimina los domicilios que tengan menos de 3 muestras.
- Se verifica que el número de muestras descartadas no sean mayores del 20%
- El estudio es válido si $50\%GPC_{Dom}$>desviación estándar

- **Estudio de área, evaluar y designar la ubicación de la infraestructura.**

De acuerdo con lo indicado por los representantes de la municipalidad del distrito en estudio, dieron a conocer que tienen dos terrenos en los cuales se podría ubicar la planta de valorización de los RSM, la primera alternativa corresponde al terreno ubicado a 9.6 km aprox. del distrito la cual cuenta con dos hectáreas. La segunda alternativa es el terreno que se encuentra a unos diez minutos del distrito, contando con 0.2 hectáreas. De estas dos alternativas se determinará con fines académicos cual terreno es el más apto mediante una ficha de evaluación del puntaje más alto. Para realizar esta evaluación se ha tomado la ficha propuesta en la Guía para diseño de infraestructura de disposición última – MINAM.

- **Estudio Topográfico**

Permite percibir o conocer la superficie del terreno donde se ha propuesto realizar el proyecto, el cual culmina con el procesamiento de la información obtenida en campo a partir de la cual se elabora el plano con las curvas de nivel a la escala apropiada con los detalles requeridos y la información anexa necesaria.

Así mismo este estudio se realizó teniendo como objetivo de obtener una detallada información de la superficie en la que se ubicara el proyecto, de tal forma que se pueda distribuir del mejor modo posible la ubicación de los ambientes que conforman la planta de valorización.

Para los trabajos desarrollados de este estudio fue utilizada una estación total y un prisma, se tomaron la mayor cantidad de puntos posibles para representar de forma fiel la morfología del terreno, y se dejaron plantillas para un eventual replanteo.

- **Estudio de mecánica de Suelos.**

Mediante el presente estudio se determina las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo, para el posterior diseño de las cimentaciones que son parte importante de la infraestructura la cual está conformada por las siguientes áreas: Ambiente que conformaran el área administrativa, ambiente de acopio, segregación, almacén, compostaje entre otros.

Para la obtención de las muestras de suelo se han realizado calicatas, las cuales han sido ubicadas estratégicamente, y el volumen de extracción de suelo dependerá de los ensayos que se tienen que hacer como también del número de estratos que se encuentren en el sector de estudio.

Las calicatas realizadas para la extracción de las muestras han tenido una profundidad mínima de excavación de 1.5m, dependiendo del número de estratos encontrados.

De acuerdo a las consideraciones antes explicadas, se han realizado un total de 3 calicatas distribuidas de forma conveniente.

- **Ensayos de Laboratorio**

Análisis granulométrico. NTP 339.123

Mediante el presente ensayo se puede conocer la distribución de las partículas en diferentes tamaños establecidos por norma, para el ensayo se emplea mallas de diferentes diámetros desde el tamiz de 3” hasta el tamiz N° 200.

Al realizar el tamizado se registrará el peso de la muestra retenida para cada uno de los tamices y a partir del procesamiento de esta información se obtendrá la curva granulométrica, la cual es obtenida del cálculo del porcentaje retenido con respecto al porcentaje que pasa.

Contenido de humedad. NTP 339.127

Para determinar el contenido de humedad se tiene que pesar una pequeña muestra que ha sido extraída del sector en estudio, posteriormente esta muestra será dejada en el horno durante 24h teniendo en cuenta que la temperatura en la que se tiene que dejar se encuentre a 100°C ± 5, transcurrido este tiempo se procede a retirar la muestra, para luego proceder a pesar, entonces con este procedimiento se conoce la perdida de agua y con ello ya se hace el cálculo del porcentaje de humedad.

Ensayo de limite líquido y plástico. NTP 339.129

Estos ensayos son realizados con la finalidad de conocer la forma de comportarse del suelo fino, con respecto al ensayo del límite líquido la muestra que es empleada es aquella que pasa en el tamiz número 40, la cual se amasa con agua para posteriormente ser colocada en la copa de Casagrande en esta se distribuye la muestra y se procede a dividir en partes iguales con el ranurador y se van realizando golpes con una velocidad de dos golpes por segundo.

El procedimiento que se realizó para el ensayo de limite plástico consistió en utilizar la muestra que pasa el tamiz número 40 y se agregó una cantidad suficiente de agua para su manipulación, la muestra se procedió a frotar sobre una superficie formando cilindros de diámetro de 3mm aprox. cada uno de ellos, el procedimiento se hace hasta alcanzar el agrietamiento, siendo registrados los pesos de los cilindros obtenidos, los cuales son posteriormente dispuestas al horno.

Ensayo de corte directo NTP 339.127

Mediante el presente ensayo se obtiene la capacidad portante del terreno de la zona donde se plantea las cimentaciones de las estructuras, inicialmente la muestra extraída se ubica en la caja de cizalladura, la cual posteriormente será ubicada en la máquina de corte directo, se realiza por tres veces el proceso con distintos niveles de esfuerzos, los datos que

serán registrados serán las medidas de velocidad como también los desplazamientos en cada medida.

- **Diseño de la planta de valorización y estructura afines**

Flujo de destino

Se ha considerado emplear este método debido a que por medio de ello se optimizara las dimensiones de las áreas de la planta de valorización, debido a que está permite determinar el tipo de residuo y la cantidad que irán a las distintas infraestructuras propuestas, consiguiendo que se optimice la cantidad de los RS que vayan a terminar en cada área establecida en el proyecto.

Área para la nave de compostaje

Los RS orgánicos que son resultantes de haber realizado la segregación serán transportados a esta nave industrial la cual está conformada por pilas en las cuales se realizará el proceso de maduración, secado, tamizado, empaque y el posterior almacenamiento del producto obtenido del compostaje. La infraestructura estará conformada por tijerales metálicos, así mismo las columnas serán de concreto con acero de refuerzo.

Fosa de lixiviados:

Al ser tratados los residuos orgánicos de la planta de compostaje se van a generar líquidos, ha estos líquidos se les conoce como lixiviados, es por ello que se ha considerado una fosa de lixiviados para el almacenamiento.

Área para la planta de recepción, segregación y almacén.

La planta de valorización tendrá una zona donde se recepcionará los RSM, los cuales posteriormente serán segregados, siendo clasificados por tipo tales como, plásticos, papel, vidrio, metal, residuos orgánicos y residuos no aprovechables. Los residuos aprovechables serán empaquetados y almacenados para ser vendidos. Con respecto a los RS que no puedan ser tratados, estos se trasladarán a la infraestructura de disposición última y en relación de los RS orgánicos estos serán trasladados a la nave de compostaje pasa su posterior tratamiento. La infraestructura estará conformada por tijerales metálicos, así mismo las columnas serán de concreto con acero de refuerzo.

Estructuración y predimensionamiento de las naves industriales

Estructuración. Se busca que la estructura tenga resistencia, rigidez y ductilidad para ello se estima las dimensiones de los elementos estructurales tales como: columnas de concreto con acero de refuerzo, como también tijerales metálicos, con el fin de soportar las solicitaciones a los que se encuentren sometidos.

Para realizar la estructuración, se debe tener en cuenta las condiciones arquitectónicas. A continuación, se indican las mismas.

- ✓ Área de planta
- ✓ Altura de entrepiso
- ✓ Luz
- ✓ Techo a dos aguas: Cobertura liviana TR4 e: 0.5mm
- ✓ Cerramiento lateral: Albañilería confinada

Materiales empleados en la estructura

- ✓ Acero estructural ASTM A36 para perfiles laminados y tijerales

  Fy: 2530 kg/cm2

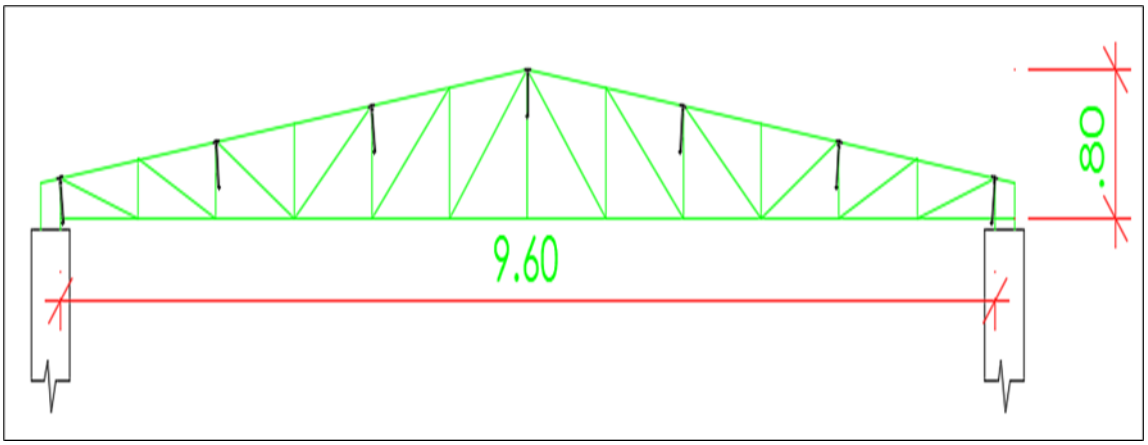
  Fu: 4060 kg/cm2
- ✓ Concreto armado para columnas y zapatas

  f'c: 210 kg/cm2
- ✓ Acero estructural ASTM grado 60 como refuerzo en elementos estructurales

  Fy= 4200 kg/cm2

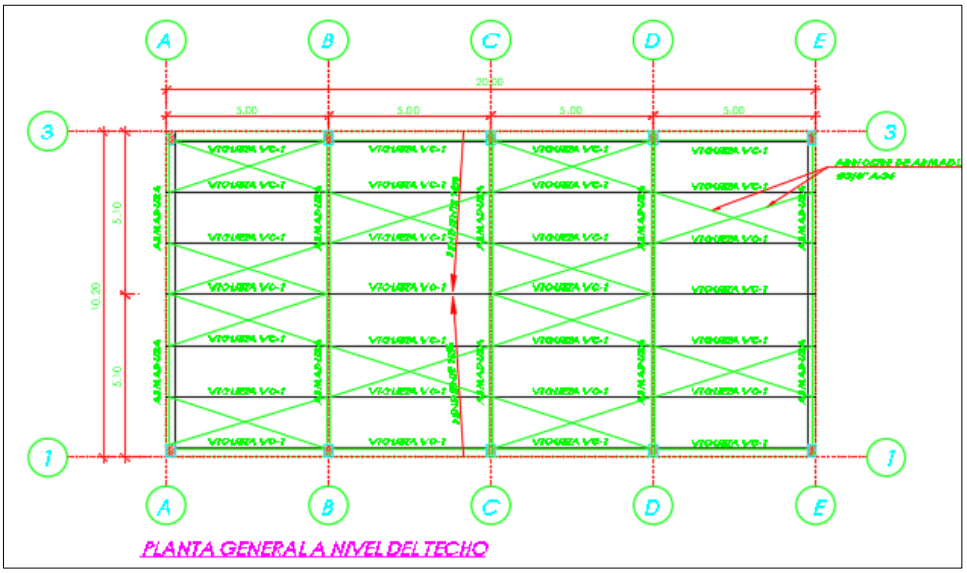
En las siguientes figuras se muestran la configuración de la nave de recepción y segregación.

Figura 4. Elevación de sistema de tijerales



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Planta sistema de tijerales



Fuente: Elaboración propia

Análisis de cargas de gravedad y viento

Cargas muertas

Los pesos de la cobertura y la luminaria por metro cuadrado se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Peso por metro cuadro de los materiales

Elementos	Carga muerta (CM)	
Cobertura TR-4	4.5	Kg/m2
Luminaria	5.0	Kg/m2

Fuente: Elaboración propia

Carga viva

La norma E.020 menciona que la sobrecarga en coberturas livianas se tiene que considerar de 30 kg/m2.

Carga de viento

Se encuentra contemplado en la norma E.020, la cual indica que para alturas inferiores de diez metros se tiene que considerar la mayor velocidad de viento que exista en dicho lugar, así mismo exige que la velocidad considerada no sea inferior a los 75 kilómetros por hora. Se verifico la velocidad de viento para el distrito de San Andrés, en la tabla del anexo 2 de la E.020 obteniendo una velocidad de 35 km/h. Sin embargo, tomando en cuenta lo indicado por el reglamento se optó por tomar la velocidad de viento de V_h= 75 km/h.

Para determinar la carga exterior del viento la E.020 da la siguiente ecuación.

$$P_h = 0.005\ CV_h^2$$

Dónde:

PH: presión o succión del viento a una altura h en kgf/m^2

C: Factor de forma adimensional indicado en la tabla 4 de la E.020

V_h: Velocidad de diseño a la altura h, en km/h.

Tabla 6. Factores de carga E.020

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	0.8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	0.3	-0.6
	-0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	0.7	-0.6
	-0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	0.8	-0.6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		

Fuente: RNE – E.020

De la tabla 15, los recuadros resaltados son los factores de carga tomados, con la cual posteriormente se determinará las presiones del viento tanto para barlovento como para sotavento en los sentidos del viento en X y viento en Y.

Diseño de tijerales

Para obtener las fuerzas en tracción y compresión del tijeral de los diferentes elementos que conforman este, primero se tuvo que realizar el cálculo de las cargas que irán en los nudos para posteriormente obtener las fuerzas.

- La carga muerta se ha determinado mediante la siguiente consideración

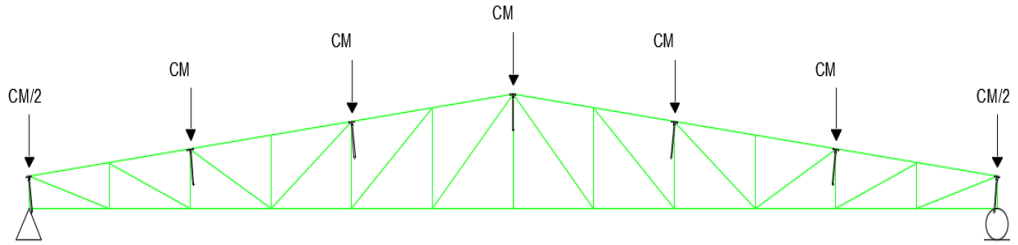
  CM = ((W cobertura+ W Luminarias + W vigueta +W propio tijeral) x Área tributara

  Los pesos considerados están en kg/m2 y el área tributaria en metros cuadrados.

- Para el cálculo de la carga viva se realizó mediante la siguiente formula:

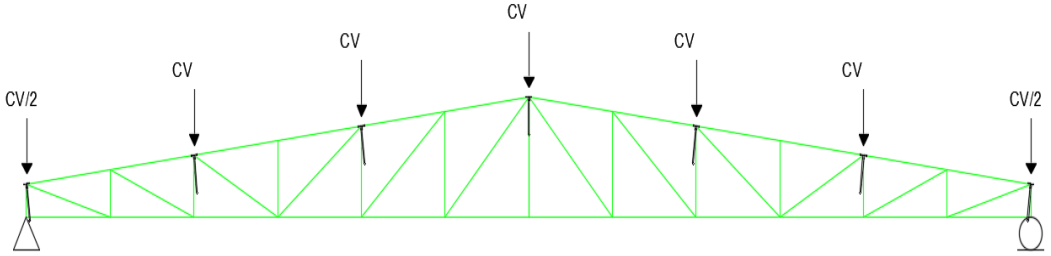
  CV = Sobrecarga x Área tributaria

Figura 6. Distribución de carga muerta en nudos



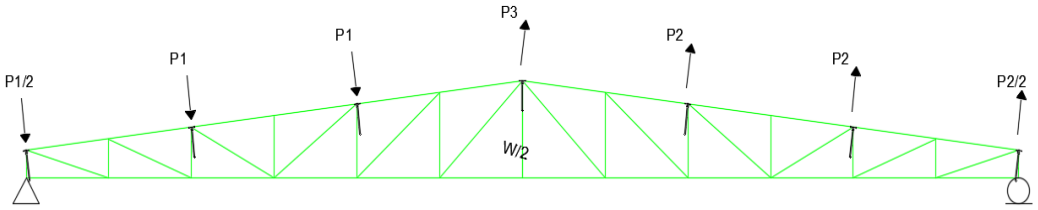
Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Distribución de carga viva en nudos



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Distribución de presión del viento en nudos



Fuente: Elaboración propia

Donde P3= P1/2+P2/2

Las cargas muertas, cargas vivas y presiones del viento se colocan en los nudos del tijeral, una vez aplicadas se procede a realizar las combinaciones de cargas, mostradas anteriormente, de estas combinaciones de cargas se realiza la envolvente y con esta se determina los esfuerzos axiales en los elementos que conforman el tijeral.

Combinaciones de cargas

U1=1.4CM
U2=1.2CM+0.5Lr
U3=1.2CM+1.6Lr+0.5W
U4=1.2CM+1W+0.5Lr
U5=1.2CM ± 1E
U6=0.9D + 1W

Diseño por compresión

Inicialmente para el predimensionamiento se emplea la siguiente formula:

$$Ag > Cu/(0.5 \cdot fy)$$

Posterior a ello se procede analizar tanto en el sentido x como en el sentido y, se parte calculando la relación de esbeltez KL/r, tambien se tiene que verificar que tipo de pandeo que se tiene. Con el valor hallado de la esbeltez nos dirigimos a las tablas proporcionadas por el AISC y obtenemos el øFcr.

Finalmente verificamos que el perfil resista un esfuerzo axial mayor al esfuerzo último, a partir de la siguiente formula

$$\emptyset Pn = \emptyset \cdot fcr \cdot Ag > Pu$$

Diseño por tracción

Para el diseño por tracción verificamos que el perfil utilizado resista una carga axial mayor a la carga axial última en tracción obtenida de la envolvente de combinaciones. Se utiliza la siguiente ecuación.

$$Tn = 0.9 \cdot fy \cdot Ag > Tu$$

Diseño de viguetas

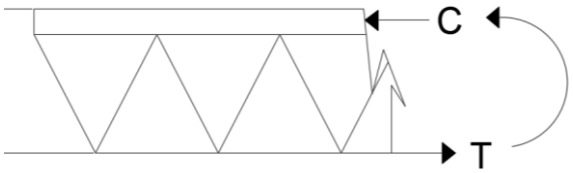
Las viguetas serán las encargadas de transmitir las cargas del techo a los tijerales, para determinar tanto las cargas muertas como vivas se consideró lo que se muestra a continuación.

- <u>Determinación de la carga muerta, los pesos considerados están en kg/m2.</u>

  CM = ((W cobertura+ W Luminarias + W vigueta) x Distancia entre viguetas
- <u>Para el cálculo de la carga viva se realizó mediante la siguiente formula:</u>

  CV = Sobrecarga x Distancia entre viguetas

Posteriormente se realiza una envolvente de combinaciones y se obtiene un momento flector, conocido el alto de la vigueta se procede a calcular la carga axial en tracción mediante la siguiente expresión Tu= Mu/h.



Diseño por tracción y compresión de viguetas

Para el diseño por tracción y compresión se sigue el procedimiento anteriormente explicado en diseño de tijerales y se debe verificar que la carga axial resistente tanto en tracción como en compresión sea mayor a la fuerza axial última obtenida de la envolvente de combinaciones.

Determinación del volumen necesario del relleno sanitario

Se determino el volumen de la infraestructura de disposición última usando el procedimiento de trinchera.

- Se ha determinado la proyección por año de los RSM, para ello se empleó lo siguiente:

$$Generación\ de\ residuos_{anual} = Pn \cdot Gpc * 365 \cdot (\%residuos\ no\ aprovechables)$$

- Considerando la densidad de los RS compactados se tiene la expresión mostrada.

$$Volumen\ de\ residuos_{anual} = \frac{Generación\ de\ residuos_{anual}}{\rho_{residuo\ estabilizado}}$$

- El material de cobertura también se tiene que considerar, contemplando el material de cobertura se tendrá la siguiente formula

$$Volumen\ minimo\ util_{anual} = Volumen\ de\ residuos_{anual} \cdot (1 + (\%material\ de\ cobertura))$$

- Con la siguiente expresión se calculará el volumen útil necesario para el relleno sanitario

$$Volumen\ minimo\ util_{necesario} = \sum_{0}^{n} Volumen\ minimo\ util_{anual}$$

n: años que se están proyectando de vida útil para la infraestructura de disposición de RS.

➢ **Vía de ingreso y oficinas en el área destinada para la infraestructura de tratamiento.**

Vía de acceso

Se ha diseñado una vía la cual permitirá ingresar a la planta, y para ello se ha empleado el manual correspondiente a diseño de carreteras sin pavimento de tránsito bajo del MTC.

Áreas adicionales en la planta de valorización

Además de las áreas para la segregación y compostaje se consideró necesario incluir los siguientes módulos que serán de concreto armado:

- ✓ Módulo 1: Servicios higiénicos para hombres y mujeres.
- ✓ Módulo 2: Oficina, almacén, cocina, despensa y comedor.
- ✓ Módulo 3: Sala de energía

Para el correcto funcionamiento de estos módulos propuestos se ha diseñado las siguientes infraestructuras:

- ✓ Cisterna para el almacén agua potable.
- ✓ Tanque elevado que almacene el agua de las lluvias y proporcione agua a los servicios higiénicos, planta de segregación y compostaje.
- ✓ Fosa séptica para la recolección de las aguas residuales.

Predimensionamiento de elementos que forman parte de las áreas administrativas.

- **Predimensionamiento - losas aligeradas.**

Las losas aligeradas son económicas, livianas, térmicas y acústicas, son los elementos más empleados de techado en el país, este elemento transfiere las cargas a las vigas.

El ingeniero Blanco Blasco en su libro de concreto reforzado proporciona recomendaciones que para luces entre 4 y 5 se puede tomar una losa aligerada de 20cm.

- **Predimensionamiento de vigas peraltadas.**

Las vigas son las encargadas de recibir las cargas del aligerado, las cuales se apoyan en las columnas y a la vez les transmiten las cargas.

Para predimensionar las vigas se puede hacer dividiendo de la siguiente forma: luz/10, luz/12 (blanco, 1994), dependiendo si es una viga principal o secundaria.

- **Predimensionamiento de columnas.**

Las dimensiones de las columnas de forma preliminar se determinan realizando un cálculo del peso que estaría soportando, siendo dividida está carga entre el 35% de la resistencia del concreto 0.35f´c siempre y cuando la estructura sea un sistema aporticado.

- **Diseño de elementos estructurales de las áreas administrativas.**

El modelamiento correspondiente a módulos administrativos se ha realizado utilizando el programa ETABS y se ha considerado los siguientes requisitos generales de resistencia establecidas por la norma E.060.

Resistencia solicitada para carga muerta y viva:

$R=1.4CM+1.7CV$

Resistencia requerida considerando cargas debidas al sismo:

$R=1.25(CM+CV) \pm CS$

$R=0.9CM \pm CS$

- **Estudio de evaluación de impacto ambiental**

Permite conocer los componentes que son más frágiles debido a las actividades realizadas durante la construcción, operación y cierre. Y a partir de ello adoptar medidas para mitigar y prevenir el deterioro ambiental en función de los lineamientos que se establecen en la Normativa.

Resultados y discusión

Resultados

Estudio demográfico

Con los datos proporcionados de población en el año 2021 por la DISA Cutervo, proyectamos la población de diseño.

Tabla 7. Población beneficiaria de la zona urbana y rural

Año		Población (Hab)
0	2021	4391
1	2022	4478
2	2023	4567
3	2024	4657
4	2025	4749
5	2026	4843
6	2027	4939
7	2028	5037
8	2029	5137
9	2030	5238
10	2031	5342
11	2032	5448
12	2033	5556
13	2034	5666
14	2035	5778
15	2036	5892
16	2037	6009
17	2038	6128
18	2039	6249
19	2040	6373
20	2041	6499
21	2042	6628

Fuente: Elaboración Propia

Estudio de Caracterización

- **Resultados de la caracterización domiciliaria**

Generación per cápita de los RS de las viviendas.

Se ha obtenido que la generación diaria de RS de las viviendas por cada poblador del distrito es de 0.434 kilogramos **(Ver anexo N°01).** Lo indicado se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 8. Generación per cápita domiciliaria

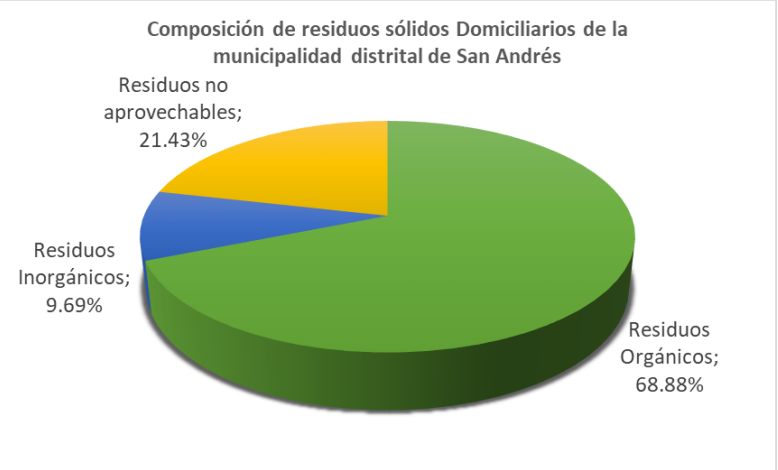
Numero de muestras domiciliarias	GPC domiciliaria Kg./hab./día.
70	0.434

Fuente: Elaboración Propia

Composición de los RS de las viviendas

Del resultado del estudio de composición de RS de las viviendas **(Ver anexo N°01)**, contempla principalmente que los residuos orgánicos representan un 68.88%, residuos inorgánicos con un 9.69% y residuos no aprovechables con un 21.43%.

Figura 9. Composición RS de las viviendas



Fuente: Elaboración Propia

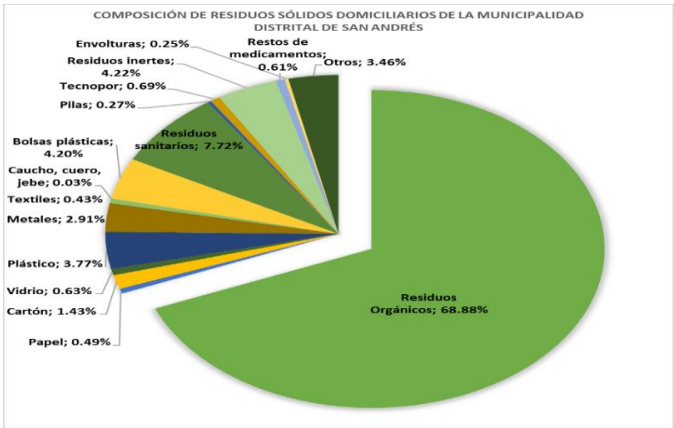
Como resultado de la composición, los RS más predominantes han sido **(Ver anexo N°01)**, residuos de alimentos con 68.55%, desechos sanitarios con un 7.72%, desechos inertes con un 4.22%, bolsas plásticas 4.20%, no categorizados 3.46%, plástico 3.77% y metales 2.91%.

Tabla 9. Composición RS de las viviendas

Tipo de residuos sólidos	Composición porcentual %
1. Residuos aprovechables	**78.57%**
1.1 Residuos Orgánicos	**68.88%**
Residuos de alimentos	68.55%
Residuos de maleza y poda	0.34%
1.2 Residuos Inorgánicos	**9.69%**
Papel	**0.49%**
Cartón	**1.43%**
Vidrio	**0.63%**
Plástico	**3.77%**
Tetra brik	**0.00%**
Metales	**2.91%**
Textiles (telas)	**0.43%**
Caucho, cuero, jebe	**0.03%**
2. Residuos no aprovechables	**21.43%**
Bolsas plásticas de un solo uso	4.20%
Residuos sanitarios	7.72%
Pilas	0.27%
Tecnopor	0.69%
Residuos inertes	4.22%
Restos de medicamentos	0.61%
Envolturas de snacks, entre otros	0.25%
Otros residuos no categorizados	3.46%
Total	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Composición RS de las viviendas



Fuente: Elaboración Propia

Humedad RS de las viviendas

Para hallar la humedad de los RS **(Ver anexo N°01),** inicialmente se tomó muestras de residuos orgánicos las cuales fueron llevadas al laboratorio con la finalidad de calcular la humedad contenida de dicha muestra, posterior a ello se empleó los pesos respectivos de la materia orgánica e inorgánica, la humedad determinada ha sido de 54.91%.

Tabla 10. Resultado de porcentaje de humedad de RS orgánicos

Determinación	Muestra orgánica			% humedad promedio
	M1	M2	M3	
Humedad (%)	88.70%	89.60%	98.40%	92.23%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Porcentaje de humedad de RS de las viviendas

Peso de residuos sólidos orgánicos (A) Kg	Peso de residuos sólidos inorgánicos (B) Kg	Fracción de residuos orgánicos r =(A)/(A+B) %	Humedad (En base a residuos orgánicos) (H) %	Humedad (En base a peso total de residuos sólidos) Ht = (H) x(r) %
30.86	20.97	0.60	92.23%	54.91%

Fuente: Elaboración Propia

Densidad RS de las viviendas

Durante los 8 días de caracterización **(Ver anexo N°01)** se obtuvo la densidad, de acuerdo a lo indicado por la guía se ha descartado el primer día y se ha hecho el cálculo teniendo en cuenta los 7 días restantes, obteniendo una densidad de 184.71 kg/m3.

Tabla 12. Densidad RS de las viviendas

Densidad kg/m3	Día 1 kg/m3	Día 2 kg/m3	Día 3 kg/m3	Día 4 kg/m3	Día 5 kg/m3	Día 6 kg/m3	Día 7 kg/m3	Promedio kg/m3
	150.05	230.61	176.42	205.12	161.21	184.13	185.46	184.71

Fuente: Elaboración Propia

- **Resultados de la caracterización no domiciliaria**

Generación total no domiciliaria

Se estimo la cantidad diaria generada de RS no domiciliarios **(Ver anexo N°01),** para los diferentes establecimientos tales como: Bodegas, instituciones públicas y privadas, mercado, etc. Obteniéndose como resultado los que se muestran a continuación.

Tabla 13. Generación per cápita RS no domiciliarios

Fuentes de generación de residuos sólidos	GPC (Kg/estab/día)	Total de generadores	Generación Kg/día	Generación Ton/mes	Generación Ton/año
Establecimientos Comerciales	1.08	38	41.21	1.24	15.04
Restaurantes	2.66	3	7.98	0.24	2.91
Hoteles	0.73	3	2.19	0.07	0.80
Instituciones públicas y privadas	0.79	7	5.52	0.17	2.01
Mercado	16.94	1	16.94	0.51	6.18
Barrido y limpieza	35.00	1	35.00	1.05	12.78
Total			108.83	3.26	39.72

Fuente: Elaboración Propia

Densidad RS no domiciliarios

Este estudio se llevó a cabo durante 8 días **(Ver anexo N°01),** sin embargo, para obtener la densidad promedio solo se considera 7 días, obteniendo como resultado para los RS no domiciliarios de 143.83 kg/m3.

Tabla 14. Densidad de RS no domiciliarios

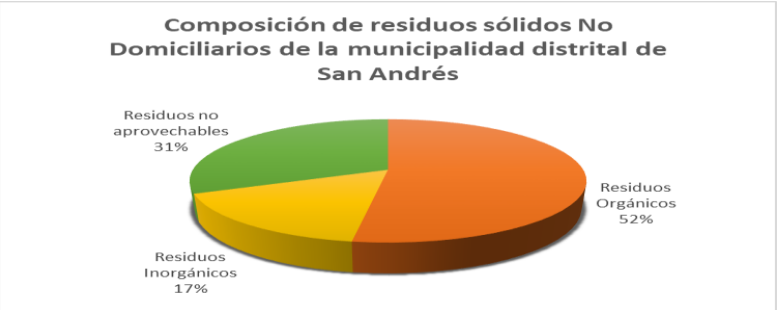
Densidad kg/m3	Día 1 kg/m3	Día 2 kg/m3	Día 3 kg/m3	Día 4 kg/m3	Día 5 kg/m3	Día 6 kg/m3	Día 7 kg/m3	Promedio kg/m3
	87.49	132.03	169.77	182.93	135.11	144.64	154.82	143.83

Fuente: Elaboración Propia

Composición RS no domiciliarios

Del resultado del estudio de composición de RS no domiciliarias **(Ver anexo N°01)**, contempla principalmente que los residuos orgánicos representan un 52.43%, residuos inorgánicos con un 16.45% y residuos no aprovechables con un 31.12%.

Figura 11. Composición RS no domiciliarios.



Fuente: Elaboración Propia

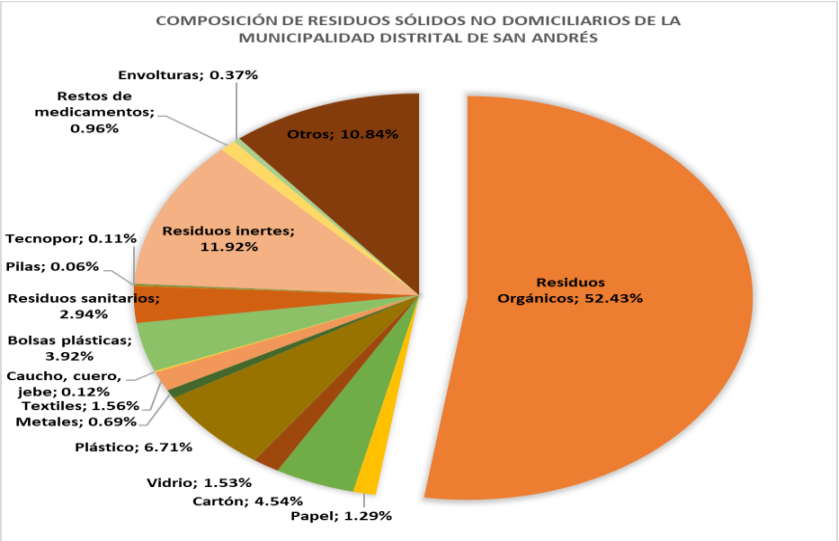
Respecto a los desechos más predominantes resultado de la composición han sido **(Ver anexo N°01)**, residuos de alimentos con 51.86%, residuos inertes 11.92%, no categorizados 10.84%, plásticos 6.71% y residuos sanitarios 2.94%.

Tabla 15. Composición RS no domiciliarios

Tipo de residuos sólidos	Composición porcentual %
1. Residuos aprovechables	**68.88%**
1.1 Residuos Orgánicos	**52.43%**
Residuos de alimentos	51.86%
Residuos de maleza y poda	0.57%
1.2 Residuos Inorgánicos	**16.45%**
Papel	**1.29%**
Cartón	**4.54%**
Vidrio	**1.53%**
Plástico	**6.71%**
Tetra brik	**0.00%**
Metales	**0.69%**
Textiles (telas)	**1.56%**
Caucho, cuero, jebe	**0.12%**
2. Residuos no aprovechables	**31.12%**
Bolsas plásticas de un solo uso	3.92%
Residuos sanitarios	2.94%
Pilas	0.06%
Tecnopor	0.11%
Residuos inertes	11.92%
Restos de medicamentos	0.96%
Envolturas de snacks, entre otros	0.37%
Otros residuos no categorizados	10.84%
Total	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Composición RS no domiciliarios



Fuente: Elaboración Propia

- **Resultados totales de la caracterización**

Generación total y generación per cápita total municipal

Como resultado global de generación **(Ver anexo N°01)**, establece que el mayor generador de RSM viene dado principalmente por los domicilios (1211.74 kg/día), seguido por los establecimientos comerciales (41.21 kg/día), y los que menos residuos generan vendrían a ser los hoteles (2.19 kg/día).

Tabla 16. Generación total municipal

Generador de ámbito de gestión municipal	Generación total (Kg/día)
Domiciliarios	1211.74
Establecimientos Comerciales	41.21
Restaurantes	7.98
Hoteles	2.19
Instituciones públicas y privadas	5.52
Mercado	16.94
Barrido y limpieza	35.00
Total	**1320.57**

Fuente: Elaboración Propia

Se ha estimado que los pobladores están generando diariamente **(Ver anexo N°01)** un equivalente a 0.47 kilogramos para el presente año 2021.

Tabla 17. Generación per cápita total municipal

Población (2021)	Generación total domiciliaria (Kg/día)	Generación total no domiciliaria (Kg/día)	Generación total municipal (Kg/día)	GPC Municipal (Kg/hab/día)
2818	1211.74	108.83	1320.57	0.47

Fuente: Elaboración Propia

Densidad de los RSM

Del procesamiento de datos para la obtención de la densidad **(Ver anexo N°01)**, se ha obtenido una densidad de 164.27 kg/m3.

Tabla 18. Densidad de los RSM

Generador de ámbito de gestión municipal	Densidad promedio kg/m^3
Domiciliaria	184.71
No Domiciliaria	143.83
Densidad total promedio	**164.27**

Fuente: Elaboración Propia

Composición general de los RSM

Resultado de la composición general correspondiente a los RSM **(Ver anexo N°01)** se ha obtenido que hay una mayor cantidad de los RS orgánicos con un 64.36%, RS inorgánicos con 11.55% y RS no aprovechables con un 24.09%.

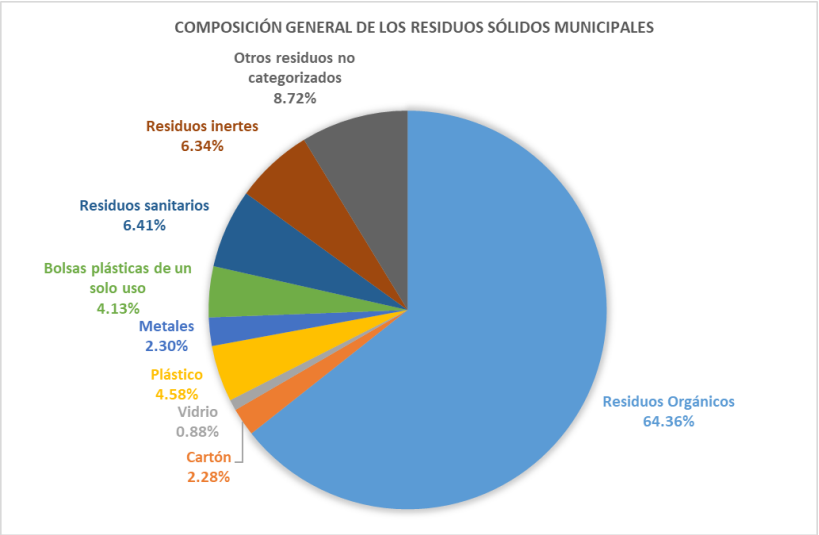
Se ha obtenido que mayormente se están generando RS orgánicos con un 64.36%, seguido de los RS sanitarios con un 6.41%, RS inertes con un 6.34%, RS no categorizados con un 5.49%, y plásticos con un 4.58%.

Tabla 19. Composición de los RSM

Tipo de residuos sólidos	Total Kg	Composición porcentual %
1. Residuos aprovechables	**411.83**	**75.91%**
1.1 Residuos Orgánicos	**349.17**	**64.36%**
Residuos de alimentos	346.98	63.95%
Residuos de maleza y poda	2.19	0.40%
1.2 Residuos Inorgánicos	**62.66**	**11.55%**
Papel	**3.87**	**0.71%**
Cartón	**12.38**	**2.28%**
Vidrio	**4.77**	**0.88%**
Plástico	**24.86**	**4.58%**
Tetra brik	**0.00**	**0.00%**
Metales	**12.47**	**2.30%**
Textiles (telas)	**4.03**	**0.74%**
Caucho, cuero, jebe	**0.29**	**0.05%**
2. Residuos no aprovechables	**130.72**	**24.09%**
Bolsas plásticas de un solo uso	22.38	4.13%
Residuos sanitarios	34.76	6.41%
Pilas	1.17	0.21%
Tecnopor	2.86	0.53%
Residuos inertes	34.39	6.34%
Restos de medicamentos	3.84	0.71%
Envolturas de snacks, entre otros	1.54	0.28%
Otros residuos no categorizados	29.79	5.49%
Total	**542.55**	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Composición global de RSM



Fuente: Elaboración Propia

Estudio de selección de área.

Para la evaluación del área de la planta de valorización se contó con dos (2) alternativas **(Ver anexo N°02)**, de la cual se ha tomado la que ha tenido mayor puntaje, las fichas de calificación utilizadas, han sido las propuestas por la guía de diseño de infraestructura de disposición última. Se evaluaron dos alternativas, obteniéndose como ganadora la primera alternativa, la cual ha tenido mayor puntaje contando con una calificación de 218 puntos, indicando que es un terreno bueno o aceptable.

Tabla 20. Áreas evaluadas para la planta de valorización

Merito	Alternativa	Puntaje	Calificación
1°	propuesta 01	218	Bueno o Terreno aceptable.
2°	propuesta 02	134	Malo o Terreno No aceptable.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la ubicación de la alternativa ganadora.

Tabla 21. Ubicación de la planta de valorización

Coordenadas UTM DATUM WGS 84	
Ubicación	San Andrés
Altitud	2523 msnm
Coordenadas	9312807.047 m N
	752726.7405m E
Zona	17M

Fuente: Elaboración Propia

Estudio Topográfico

El levantamiento topográfico **(Ver anexo N°03)** fue realizado empleando tanto estación total como prisma, la toma de puntos fue hecha mediante radicación. Inicialmente se ubicó la estación en un punto específico, además se tomó de referencia el norte magnético, se formó una poligonal cerrada con vértices que se muestran en la tabla número 22 , las coordenadas en UTM y en el sistema WGS-84.

Tabla 22. Poligonal en coordenadas UTM DATUM WGS 84

Vértice	Lado	Distancia (m)	Angulo interno	Este	Norte
P1	P1 - P2	60.55	77°17'24.35"	752726.741	9312807.047
P2	P2 - P3	97.56	135°44'9.72"	752741.432	9312865.787
P3	P3 - P4	97.56	31°23'18.18"	752692.324	9312950.081
P4	P4 - P5	61.82	272°29'43.38"	752690.341	9312852.546
P5	P5 - P6	109.85	23°05'24.38"	752628.647	9312856.494

Fuente: Estudio Topográfico

Estudio de Mecánica de Suelos

Con el fin de conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo se realizaron tres (03) calicatas en el sector donde será ubicado la infraestructura, estas han sido distribuidas estratégicamente.

Tabla 23. Ubicación de las calicatas

Calicata	Profundidad (m)	Coordenadas	
		Norte	Este
C1-M1	3.00	9312838	752738
C2-M1	3.00	9312850	752720
C2-M1	3.00	9312883	752731

Fuente: Elaboración propia

Estratigrafía del suelo

Los resultados del EMS se muestran en la tabla siguiente. **(Ver anexo N°04).**

Tabla 24. Estratigrafía del terreno

	Calicata C1-M1	Calicata C2-M1	Calicata C3-M1
Profundidad	0.20 – 3.00 metros.	0.20 – 3.00 metros.	0.20 – 3.00 metros.
Color	AMARILLENTO	AMARILLENTO	AMARILLENTO
Consistencia	Media	Media	Media
Clasificación SUCS	CL	CL	CL
Clasificación AASHTO	A-6(1)	A-4(8)	A-4(8)
Descripción del Suelos	Arcillas de mediana plasticidad	Arcillas de mediana plasticidad	Arcillas de mediana plasticidad
Humedad Natural	26.04%	18.73%	13.48%
Porcentaje de Sales	0.06%	0.03%	0.04%
Angulo de Fricción interna	10°	12°	10.2°
Cohesión	0.40 Kg/cm2	0.38 Kg/cm2	0.42 Kg/cm2
Densidad	1.574 gr/cm3	1.623 gr/cm3	1.472 gr/cm3

Fuente: Estudio de mecánica de suelos

Capacidad portante del suelo y asentamientos permisibles

De las tres (03) calicatas C01, C-02, C-03, se analizaron para determinar la capacidad portante del suelo. Se realizó en laboratorio el ensayo de corte directo para determinar dichas capacidades, de los ensayos se obtuvo los siguientes resultados **(Ver anexo N°04)**.

Tabla 25. Capacidad Portante y Asentamientos en el terreno

CALICATA	ESFUERZO NETO DEL TERRENO DE ACUERDO AL TIPO DE CIMENTACIÓN		ASENTAMIENTO (cm)
	CIMENTACIÓN CORRIDA (kg/cm2)	CIMENTACIÓN AISLADA (kg/cm2)	
C-1	0.80	0.98	0.53
C-2	0.84	1.02	0.56
C-3	0.82	1.02	0.54

Fuente: Estudio de mecánica de suelos

Diseño de Infraestructura

Flujo de destino

Se ha empleado este estudio **(Ver anexo N°05)** para conocer la distribución de los residuos así mismo se consideró una eficiencia de clasificación del 80%, la distribución de los residuos será la siguiente: El 51.49% de los residuos irán a la planta de compostaje, el 9.24% de los RS inorgánicos tratables irán a la zona de empacado (Planta de recepción, segregación y almacén) y el 39.27% de los residuos no aprovechables serán almacenados para luego ser llevados a la infraestructura de disposición última.

Tabla 26. Flujo de destino

Desechos	GPC	%	Eficiencia 80%	% no valorizado
Residuos orgánicos	0.30	64.36%	51.49%	12.87%
Residuos inorgánicos	0.05	11.55%	9.24%	2.31%
Residuos no aprovechables	0.11	24.09%	39.27%	
Total		**100.00%**	**100.00%**	**15.18%**

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de planta de recepción, segregación y almacén

Se realizó un cálculo aproximado **(Ver anexo N°05)** del área necesaria contemplando las condiciones municipales actuales, por ejemplo, el caso del recojo de los residuos que se realiza cada 4 días, para la planta de recepción, segregación y almacén, el área para esta nave industrial resulto de 200m2 (10m x20m).

Tabla 27. Determinación de área necesaria para la planta de recepción, segregación y almacén

Datos Generales		
GPC	0.47	Kg/hab/día
Población 2021	4391	hab
TC	0.020	
Población 2041	7029	hab
Densidad	164.27	Kg/m3
Área de recepción		
Generación de residuos por 4 días	13214.52	Kg/día
Volumen	80.44	m3
Altura	1.5	m
Área necesaria	53.63	m2
Largo	10.00	m
Ancho	6.00	m
Área proporcionada	**60.00**	**m2**
Almacén de residuos inorgánicos		
% de residuos inorgánicos	9.24	%
Tiempo de almacenamiento	30	días
Volumen de residuos inorgánicos	55.75	m3
Altura	2.00	m
Área necesaria	27.87	m2
Largo	10.00	m
Ancho	4.00	m
Área proporcionada	**40.00**	**m2**
Área de segregación		
Largo	10.00	m
Ancho	8.00	m
Área proporcionada+ espacios libres	**80.00**	**m2**
Área necesaria	**180.00**	**m2**
Largo proporcionado	10.00	m
Ancho proporcionado	20.00	m
Área proporcionada	**200.00**	**m2**

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de planta de compostaje

Se realizó un cálculo aproximado **(Ver anexo N°05)** de la dimensión requerida para la nave de compostaje, el área para esta nave industrial resulto de 450m2 (15m x30m).

Tabla 28. Determinación del área necesaria correspondiente a la nave de compostaje

Datos Generales		
GPC	0.47	Kg/hab/día
Población 2021	4391	hab
TC	0.020	
Población 2041	7029	hab
Densidad	600.00	Kg/m3
Área del compost		
Cantidad residuos orgánicos	51.49	%
Tiempo de retención	60.00	días
Generación de residuos orgánicos	102062.35	Kg
N° de pilas de compostaje	11.00	Unid
Área para compostaje+ área libre	300.00	m2
Área de tamizado		
Volumen de una hilera	14.82	m3
Altura	1.3	
Área necesaria	11.40	m2
Largo	15.00	m
Ancho	2.00	m
Área proporcionada	30.00	m2
Área de Almacén		
Almacén por 2 semanas	25515.5863	Kg
N° de quintales de 30 Kg	851	Unid
Volumen de un saco de abono orgánico	0.068	m3
Volumen de sacos de 30 kg	57.44	m3
Altura de ruma	2.00	m
Área necesaria	28.72	m2
Largo	15.00	m
Ancho	2.00	m
Área proporcionada	30.00	m2
Área Total	**360.00**	**m2**
Ancho	15.00	m
Largo	30.00	m
Área Final + Área libres	**450.00**	**m2**

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de volumen útil para la infraestructura de disposición última.

Se ha determinado el volumen requerido para la infraestructura de disposición última, considerando una vida útil de 20 años, además se ha considerado una profundidad de 3m **(Ver anexo N°05)**, solo será calculado su volumen y área, no será diseñado. De acuerdo al flujo de destino, los residuos que irán al relleno será el 39.27%.

Tabla 29. Volumen y área necesaria para relleno necesario

R. No. Aprov. %	VMU m3/año	h relleno m	Área Útil m2
39.27	14346.29	3.00	4782

Fuente: Elaboración Propia

<u>Áreas de los ambientes adicionales</u>

Los ambientes adicionales **(Ver anexo N°06)**, a las plantas de recepción, segregación, almacén y compostaje son los siguientes**:**

- ✓ **Módulo 1.**

El módulo uno está conformado por los servicios higiénicos y vestuarios, requiriendo de una superficie total de 35.75 m^2, y está divida por ambientes tanto para hombres como para mujeres.

- ✓ **Módulo 2.**

Este módulo está conformado por los siguientes ambientes: oficina, almacén, comedor, cocina y despensa, sumando todos estos ambientes una superficie total de 66.00 $m^{2.}$

- ✓ **Módulo 3.**

El tercer módulo está conformado por la caseta de energía, la cual contara con una superficie de 9.00 m^2

- ✓ **Caseta de vigilancia**

Comprende un área correspondiente a 3.00 m^2, este ambiente tendrá el único fin de ser destinado para la vigilancia de la planta de valorización.

Tabla 30. Áreas en la planta de valorización

Ambiente	Superficie
Planta de recepción, segregación y almacén	200.00 m2
Planta de compostaje	450.00 m2
Módulo 1	35.75 m2
Módulo 2	66.00 m2
Módulo 3	9.00 m2
Caseta de vigilancia	3.00 m2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Complementos para servicios de agua y desagüe

Complementos para servicios de agua y desagüe	Volumen útil
Cisterna	3.00 m3
Tanque elevado	2.50 m3
Tanque séptico	5.34 m3
Fosa de lixiviados	2.70 m3

Fuente: Elaboración Propia

Diseño Estructural

Planta de recepción, segregación y almacén de residuos **(Ver anexo N°05)**.

La nave industrial está conformada por los siguientes elementos estructurales.

- **Tijerales.**

Los tijerales están conformados por brida superior, brida inferior, diagonales y montantes, a continuación, se muestras las fuerzas axiales en compresión y en tracción para los diferentes elementos.

Tabla 32. Fuerzas axiales en tracción y compresión de los elementos del tijeral

BRIDA SUPERIOR (ton)		BRIDA INFERIOR (ton)		DIAGONALES (ton)		MONTANTES (ton)	
AC	-4.74	BD	0.31	AD	4.83	AB	-2.03
CE	-4.75	DF	7.00	DE	-2.41	CD	0.24
EG	-6.93	FH	7.17	FG	0.33	EF	-0.17
GI	-7.12	HJ	7.17	HI	0.40	GH	-0.23
IK	-7.18	JL	6.43	JK	1.07	IJ	-0.69
KM	-6.45	LN	5.80	LM	1.09	KL	-0.75

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33. Secciones que conforman los tijerales

Elementos	Secciones	Pu (ton)	ϕPn (ton)
Brida Superior	2L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8"	7.12	8.64
Brida Inferior	2L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8"	7.17	10.57
Diagonales	2L 1 x 1 x 1/8"	4.83	6.88
Montantes	2L 1x 1 x 1/8"	2.03	6.65

Fuente: Elaboración Propia

- **Viguetas**

Tabla 34. Secciones que conforman la Vigueta

Elementos	Secciones	Pu (ton)	ϕPn (ton)
Brida Superior	2L 1 x 1 x 1/8"	1.72	6.67
Brida Inferior	1/2 "	1.72	2.94
Diagonales	3/8 "	0.35	0.57

Fuente: Elaboración Propia

- **Columnas**

Las columnas son de concreto armado y tienen una sección de 25cm x 40 cm.

Nave Industrial para la planta de compostaje **(Ver anexo N°05)**.

La nave industrial está conformada por los siguientes elementos estructurales.

- **Tijerales.**

Están conformados por los elementos que se encuentran en la tabla número 35, a continuación, se muestran los valores en compresión y tracción de los elementos.

Tabla 35. Secciones que conforman los tijerales

Elementos	Secciones	Pu (ton)	ϕPn (ton)
Brida Superior	2L 2 x 2 x 3/16"	8.87	9.69
Brida Inferior	2L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8"	8.70	10.57
Diagonales	2L 1 1/4 x 1 1/4 x 1/8"	7.14	8.74
Montantes	2L 1 1/4x 1 1/4x 1/8"	2.66	3.46

Fuente: Elaboración Propia

- **Viguetas**

Tabla 36. Secciones de los elementos que conforman la Vigueta

Elementos	Secciones	Pu (ton)	ϕPn (ton)
Brida Superior	2L 1 x 1 x 1/8"	1.85	6.67
Brida Inferior	1/2 "	1.85	2.94
Diagonales	3/8 "	0.35	0.57

Fuente: Elaboración Propia

- **Columnas**

Las columnas de la nave industrial, son de concreto armado y tienen una sección de 25cm x 40 cm.

Estructuras de concreto reforzado

El diseño de las estructuras de concreto reforzado, se ha hecho empleando las normas E.020(cargas), E.030(análisis sísmico), E.060(concreto armado) **(Ver anexo N°06)**.

- **Losa Aligerada:** Las losas aligeradas de las zonas administrativas han sido de 20cm.
- **Vigas:** Las vigas principales VP-01 tienen una sección de 25x25cm y las vigas secundarias VS-01 tienen una sección de 25x25cm
- **Columnas:** Las columnas cuentan con una sección de 25x25cm
- **Zapatas:** Se tienen zapatas de secciones de 1.00x1.00, 1.10x1.10, 1.15x1.15 y todas cuentan con un peralte de 50cm.

Diseño del acceso a la planta

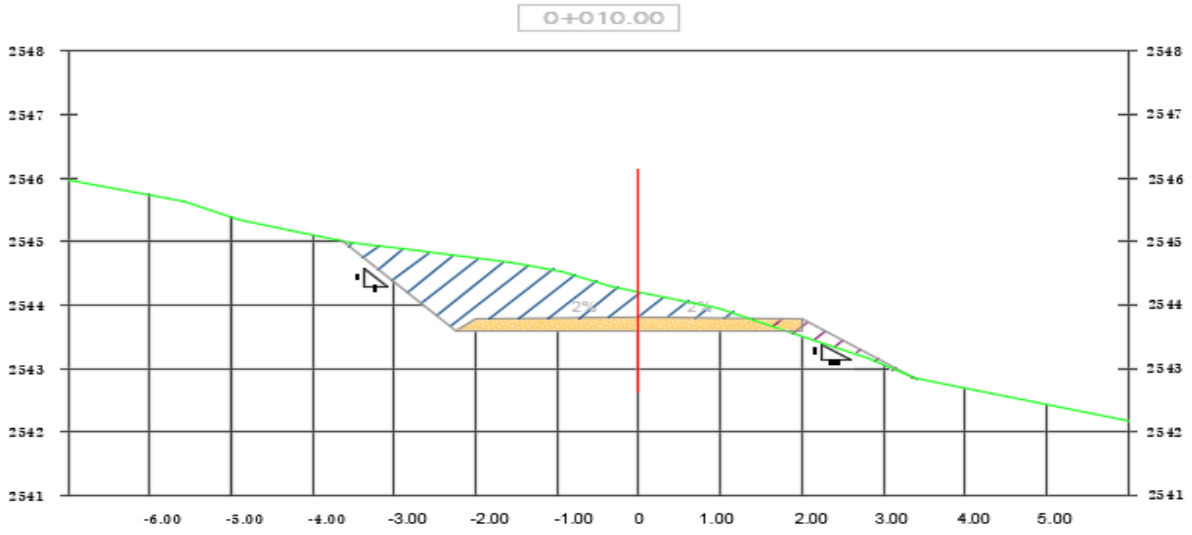
El acceso a la planta se diseñó como una trocha carrozable **(Ver anexo N°06)** la cual permitirá el acceso a plantas de segregación y compostaje, esta consideración de da debido al bajo tráfico que circulará por la planta de valorización.

Tabla 37. Requerimientos del acceso

Diseño de la vía de acceso		
Datos	**Valor**	**Unidad**
Ancho de la vía	4	m
Pendiente	12	%
Peralte	2	%
Bombeo	3	%
Espesor de afirmado	0.2	m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38. Sección transversal de la vía



Fuente: Elaboración Propia

Estudio de evaluación de impacto ambiental

Con respecto a este estudio **(Ver anexo N°07)**, se ha considerado 121 acciones a analizar sobre ocho (8) factores ambientales los cuales vienen hacer los siguientes: Aire, agua, suelo, agua, flora, fauna, paisaje, social y económico dentro de los cuales se encuentran 17 componentes ambientales. A partir del estudio se obtuvo los siguientes resultados.

El componente ambiental más frágil es la emisión de gases en el factor ambiental aire, seguido del componente de calidad del suelo en el factor suelo. Contando también con un impacto positivo que corresponde al trabajo generado en el factor socio económico.

La acción más perjudicial, a lo largo del desarrollo del proyecto, es el concreto para zapatas debido a que la acción dañará permanentemente el suelo, es un daño irreparable. También hay valores altos en partículas en suspensión debido a las excavaciones y el ruido debido a la maquina compactadora, ambas se encuentran en el factor aire.

Estimación referencial de ingresos anuales de la valorización de los RS

Los ingresos económicos serán mediante la comercialización del compost producto de la transformación de la materia orgánica y de los desechos reciclables. Se realizó un análisis referencial económico para estimar los ingresos que se obtendría al ser tratados los RS y de esta forma verificar la recuperación anual de capital.

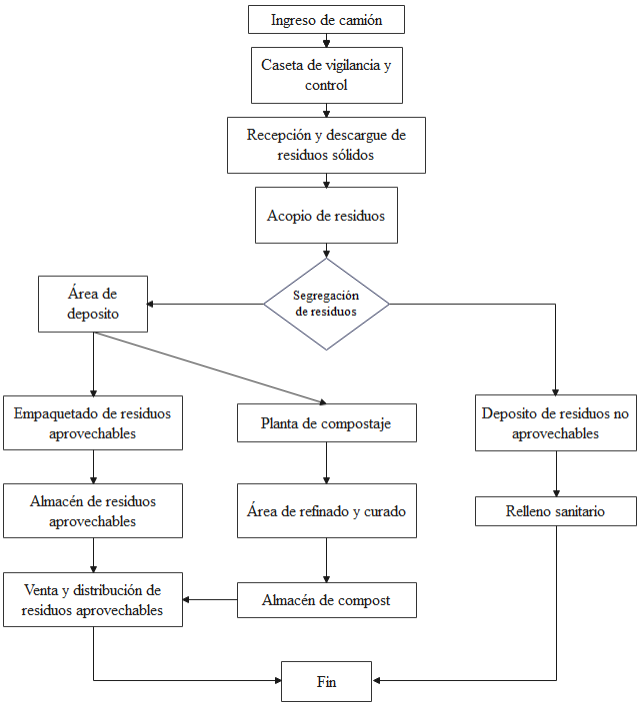
En el cuadro presentado se evidencia los ingresos anuales que serán obtenidos tan solo en el año 2021, se ha realizado el cálculo para todos los años de operación y funcionamiento, así mismo se ha determinado los insumos, gastos de mantenimiento y mobiliario.

Tabla 39. Ingresos de la valorización de desechos en el año 2021

Tipo de residuo	Costo Kg S/	Kg/día	Ingreso mensual S/.	Ingreso anual S/
Papel	0.70	11.78	247.31	3,008.97
Cartón	0.43	37.67	485.99	5,912.86
Vidrios	0.50	14.52	217.73	2,649.09
Plásticos	0.43	75.64	975.75	11,871.57
Metales	0.50	37.95	569.21	6,925.40
Textiles	0.10	12.26	36.79	447.62
Caucho	0.12	0.87	3.12	37.99
		Sub Total	**2,495.99**	**30,853.49**
Tipo de residuo	**Costo S/ 35 Kg**	**Kg/día**	**Ingreso mensual S/.**	**Ingreso anual S/**
Compost	28.00	1062.55	25,501.09	310,263.23
		Sub Total	**27,997.08**	**341,116.73**

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14. Diagrama de flujo de la planta de valorización



Fuente: Elaboración Propia

Presupuesto del proyecto

El presupuesto calculado del proyecto **(Ver anexo N°08)**, está conformado por las siguientes consideraciones.

Tabla 40. Presupuesto de la Obra

Costo Directo	S/ 842,655.92
Gastos Generales 5%	S/ 42,132.80
Utilidad 5%	S/ 42,132.80
SUB TOTAL	S/ 926,921.52
IGV 18%	S/ 166,845.87
PRESUPUESTO TOTAL	S/ 1,093,767.39

Fuente: Elaboración Propia

Discusión

- Del estudio de caracterización se ha obtenido que mayormente se generan residuos orgánicos en el distrito, un 64.36% de residuos son orgánicos. Teniendo en cuenta la tesis **"Plan de manejo Ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, 2013",** en la cual también elabora la caracterización de los RS, y obtiene un 81.18% de residuos orgánicos. Por lo que se puede decir que en ambos estudios lo que más predomina son los residuos orgánicos, es por ello que en dicha tesis propone una planta de compostaje al igual que en esta tesis que se ha propuesto una planta para dar tratamiento a los RS orgánicos obteniendo abono orgánico.
- Por otra parte, como resultado de la caracterización se ha obtenido una generación diaria por cada habitante de 0.47 kilogramos, de los cuales el 64.36% son RS orgánicos, el 11.55% son RS inorgánicos y el 24.09% son RS no aprovechables. Además, se estimó una densidad promedio de RS de 164.27 Kg/m3. Y comparando los resultados de la tesis **"Caracterización de residuos sólidos domiciliarios para la implementación de un plan de manejo en el distrito de Paucarpata provincia de Arequipa, 2015",** en la cual indica que del estudio ha obtenido una generación diaria por cada habitante de 0.50 kilogramos, además de la composición se ha obtenido que un 30.14% son RS orgánicos y un 12.97% son RS aprovechables. Por otra parte, se ha obtenido una densidad promedio de 165.69 kg/m3. Como se puede evidenciar los valores hallados de generación per cápita y densidad promedio son muy similares, es importante precisar que las dos ciudades en estudio están en la sierra y a una altura similar, con esta precisión se puede dar mayor valides a la caracterización de RSM realizado.
- Para la valorización de los RSM en esta tesis se ha planteado una nave de reciclaje, una nave de compostaje, accesos, áreas administrativas y servicios higiénicos, y en comparación de la tesis **"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"**, también considera infraestructura similar para la valorización de los residuos y diseña un relleno donde serán dispuestos los RS que no podrán ser tratados. Con respecto a lo indicado se puede apreciar que si se cuenta con los ambientes requeridos que permitan un óptimo funcionamiento de la planta de valorización.

Conclusiones

- De la caracterización de RSM elaborado en San Andrés de Cutervo en el año 2021, se obtuvo una generación per cápita (GPC) de 0.47 kg/hab/día, con una generación diaria de 1.21 toneladas, obteniendo que el 64.36% son RS orgánicos, el 11.55% son RS inorgánicos y el 24.09% son RS no aprovechables. Además, se obtuvo una densidad de RSM de 164.27 Kg/m3 y una humedad promedio de 54.91%.
- De la evaluación de elección del lugar para la ubicación de la planta de valorización de RS se obtuvo como ganadora la alternativa número uno (1), alcanzando un puntaje de 218 puntos, definiéndose como un terreno bueno o aceptable. Este terreno se encuentra a 9.6km del distrito de San Andrés con un tiempo de recorrido de 20min aproximadamente. El área seleccionada cuenta con dos (2) hectáreas, sin embargo, por su pendiente elevada en ciertas partes del lugar hace que el área utilizada para el proyecto se reduzca considerablemente.
- El estudio topográfico ha permitido obtener la representación gráfica del terreno, con la cual se ha logrado conocer las diferentes elevaciones que se encuentran y de esta manera poder ubicar de forma conveniente las naves industriales, áreas administrativas y la vía de acceso, además que nos facilita la determinación de material de corte y relleno para la vía de ingreso y zonas donde sea necesario nivelar la superficie.
- Mediante el estudio de MS se ha logrado conocer tanto las propiedades físicas como mecánicas del terreno donde se plantea el proyecto, del estudio se obtuvo una capacidad portante de 0.80 kg/cm2 y un asentamiento diferencial máximo aceptable de 0.56cm, así mismo se determinó que el estrato de apoyo son arcillas de mediana plasticidad.
- El diseño de la planta de valorización fue hecho mediante el cálculo de flujo de destinos de los RSM, obteniéndose que un 51.49% ira a la nave de elaboración de compost, el 9.24% se llevara a la zona de reciclado y el 39.27% al relleno sanitario. A partir de este flujo se halló las áreas para las naves industriales, donde: para la planta de recepción, segregación y almacén se determinó una superficie de 200m2, con respecto a la zona donde se realizará el compost contará con una superficie de 450 m2 y para la infraestructura de disposición de RS no aprovechables contará con una superficie de 4782 m2 y una altura de 3m.
- Con respecto al diseño de la vía de acceso a la planta de valorización fue empleado el manual de carreteras de bajo transito sin pavimentar. La vía de acceso es una trocha carrozable, la cual ha sido diseñada considerando pendiente máxima de 12%, con un

ancho de vía de 4m, el bombeo considerado ha sido de 3% por ubicarse en una zona de fuertes lluvias. Además, la capa de rodadura es de afirmado con un espesor de 20 cm y cuenta con una longitud de 180 metros.

- Los ambientes adicionales considerados en la zona del proyecto son: área de oficina, servicios higiénicos, vestuario, almacén, cocina, comedor, despensa, sala de energía, caseta de vigilancia. Todos los ambientes mencionados anteriormente son de concreto armado y han sido diseñados de acuerdo al RNE. Considerando todas las áreas del proyecto se obtiene un resultado aproximado de 805.00 m2.
- Del estudio de impacto ambiental se ha determinado que el componente más frágil es la emisión de gases en el factor aire, seguido del componente de calidad del suelo en el factor suelo. Así mismo se tiene un impacto positivo grande el cual es la generación de empleo en el factor socio económico. Además, la acción más perjudicial, a lo largo del desarrollo del proyecto, es el concreto para zapatas, debido a que la acción dañará permanentemente el suelo, es un daño irreparable. También hay valores altos en partículas en suspensión debido a las excavaciones y el ruido debido a la maquina compactadora, ambas se encuentran en el factor aire.
- En cuanto al suministro de agua potable se consideró una cisterna de 3.00 m3 de volumen útil y un tanque elevado que recolecte el agua de las precipitaciones con un volumen de 2500lts. Además, se ha propuesto una fosa séptica de 5.40 m3 con la finalidad de tratar las aguas residuales.
- El presupuesto total del proyecto es de S/ 1,093,767.39.
- Para la planta de valorización se ha obtenido un VAN de S/ 2,126,021.73; y un TIR del 15%, lo que quiere decir que el proyecto presenta una viabilidad adecuada en función del método de tratamiento que se ha establecido. Además, se ha estimado que la inversión en el proyecto (S/. 1,093,767.39) será recuperado en un periodo de 7 años y 11 meses. Así mismo se pretende ganar 1.76 soles por cada sol que haya sido invertido.

Recomendaciones.

- Elaborar planes para la gestión de los RS en los cuales se considere charlas de concientización ambiental para todos los niveles formativos de las instituciones educativas y se difunda información por medios digitales para que desde los hogares se realice la segregación y se facilite los trabajos de tratamiento de RS.
- Se recomienda implementar un vivero cercano a la planta de valorización para poder aprovechar parte del compost elaborado en la planta de valorización, logrando con ello generar mayor trabajo y mayor ingreso económico.
- Se recomienda que se implemente un relleno sanitario cercano a la zona del proyecto con el fin de aminorar costos en el traslado de los RS no aprovechables.
- Los trabajadores que laboren en la planta de valorización deben ser capacitados para que se realice una segregación eficiente y se desarrolle un adecuado compostaje con respecto a los RS orgánicos.
- Implementar vehículos adecuados que permitan el transporte de los RS y planificar las rutas de recojo para llegar a los centros poblados más alejados.
- Realizar de forma progresiva la recolección de los RSM de las comunidades que conforman parte del distrito de San Andrés, de tal manera que se pueda valorizar la totalidad de los desechos del distrito en mención.
- Se recomienda que el municipio de San Andrés de Cutervo este a cargo del recojo de los RSM como también del transporte y de la limpieza pública. Además de que sea el encargado de la operación, funcionamiento y mantenimiento de la planta de valorización de los RSM.

Referencias

[1] S. K. Lisa Yao, P. Bhada Tata y F. Van Woerden , What a Waste 2.0, 2 ed., Washington: The World Bank, 2018.

[2] A. Savino, G. Solórzano, C. Quispe y M. C. Correal, «Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe,» Clayton, 2018.

[3] Ministerio del Ambiente, Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos, Lima, 2016.

[4] J. W. Zamora Arenales, Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala, 2013.

[5] D. Tejada Cota, Manejo de residuos sólidos urbanos en la ciudad de la paz, B. C. S.: Estrategia para su gestión y recomendaciones para el desarrollo sustentable, La paz, Baja California Sur, 2013.

[6] L. S. Donoso Kovacevic, Plan de negocios de una planta para el reciclaje de desechos Orgánicos, Santiago de Chile, 2019.

[7] R. H. Rosales Meza, Caracterización de residuos sólidos domiciliarios para la implementación de un plan de manejo en el distrito de Paucarpata provincia de Arequipa 2014-2015, Arequipa, 2017.

[8] E. D. Davila Caruajulca, Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para generar compost en el distrito de Rioja, Chiclayo, 2019.

[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, 2018, Chiclayo, 2020.

[10] Perú. Congreso de la Republica, Ley General de Residuos Sólidos, Lima: Diario Oficial, LEY Nº 27314.

[11] M. d. A. MINAM, Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, Lima: Ministerio del Ambiente , 2011, p. 87.

[12] Perú.Congreso de la República, Ley de gestión integral de residuos sólidos, Lima: Diario Oficial, 2020.

[13] Perú. Congreso de la República, Ley general del Ambiente, Lima: Diario Oficial, 2005.

[14] Perú. Congreso de la República, Ley Orgánica de Municipalidades, Lima: Diario Oficial, 2003.

[15] Perú. Congreso de la República, Ley General de Salud, Lima: Diario Oficial, 2016.

Anexos

- Anexo N°01: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales
- Anexo N°02: Estudio de área, evaluar y designar el área para la planta de valorización
- Anexo N°03: Estudio Topográfico
- Anexo N°04: Estudio de mecánica de Suelos
- Anexo N°05: Diseño de la planta de valorización y estructura afines
- Anexo N°06: Diseño de Vía de acceso y oficinas
- Anexo N°07: Estudio de evaluación de impacto ambiental
- Anexo N°08: Presupuesto del proyecto
- Anexo N°09: Planos

Link Anexos

https://drive.google.com/drive/folders/1wzFdo-ifN8w2diTJieFScgGz6zO8cvof?usp=sharing